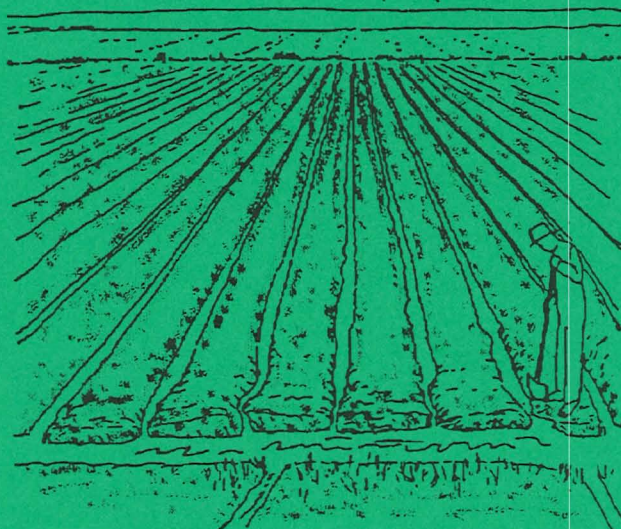




**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

## **VATTENHUSHÅLLNING VID BEVATTNING - EN STUDIE AV TILLÄMPAD BEVATTNINGSTEKNIK I SIDI BOUZID-DISTRIKTET, TUNISIEN**

**Abraham Joel  
Ingrid Wesström**



---

**Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Avdelningsmeddelande 93:3  
Communications**

**Uppsala 1993**

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM-93/3-SE

---



Denna serie meddelanden utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller sådana forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara av i första hand internt intresse. Uppsatser lämpade för en mer allmän spridning publiceras bl a i avdelningens rapportserie. Tidigare nummer i meddelandeserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Communications is produced by the Division of Agricultural Hydrotechnics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. The series consists of reports on research and field trials and of other articles considered to be of interest mainly within the department. Articles of more general interest are published in, for example, the department's Report series. Earlier issues in the Communications series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

---

Distribution:

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik  
Box 7014  
750 07 UPPSALA

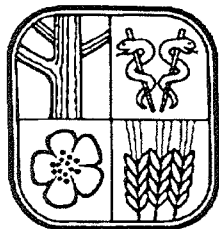
Tel. 018-67 11 69, 67 11 81

Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics  
P.O. Box 7014  
S-750 07 UPPSALA, SWEDEN

Tel. +46-(18) 67 11 69, +46-(18) 67 11 81

---

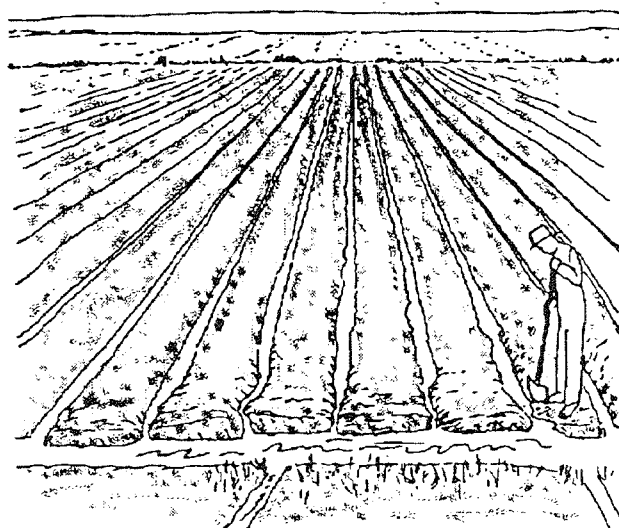




**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

## **VATTENHUSHÅLLNING VID BEVATTNING - EN STUDIE AV TILLÄMPAD BEVATTNINGSTEKNIK I SIDI BOUZID-DISTRIKTET, TUNISIEN**

**Abraham Joel  
Ingrid Wesström**



---

**Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Avdelningsmeddelande 93:3  
Communications**

**Uppsala 1993**

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM--93/3--SE

---



## FÖRORD

Denna bevattningsstudie utfördes som inledning av den tredje fasen av det SIDA-finansierade markvårdsprojektet "Lutte contre la désertification dans la région de Sidi Bouzid, Tunisie central". Syftet med studien var att få bakgrundsmaterial till fortsatt försöksverksamhet inom ämnesområdet "Vattenhushållning och försaltning av odlingsmark".

Studien utfördes under ett odlingsår under vilket bevattningen följdes hos fyra respektive fem lantbrukare under en sommarsäsong och en vintersäsong. Vi vill rikta ett varmt tack till dessa lantbrukare för deras medverkan som gjort studien möjlig samt för allt extra arbete som det har inneburit.

Studien har medfört en omfattande insamling av mätvärden. Vi vill tacka samtliga anställda vid CRDAs kontor i Sidi Bouzid och Sidi Sayed som medverkat i fältarbetet. Ett speciellt tack till Ammar Horchani, Neji Jellali, Lazhar Gammoudi och Rachid Akrimi.

Vi vill även tacka vår kollega Houcine Taamallah vid Institut des Régions Arides, Medenine, som medverkat vid valet av provplatser och som har gjort utförliga profilbeskrivningar och texturanalyser för varje provplats.

Manuskriptet har i sin helhet granskats av Ragnar Persson och Harry Linnér, Försöksavd för hydroteknik, som därigenom har bidragit med värdefulla synpunkter. Bilderna har ritats av Hans Johansson och Maj-Britt Brolin har slutredigerat manuskriptet. Ett tack till alla medverkande vid framställningen av denna rapport.

Uppsala den 22 februari 1993

Abraham Joel

Ingrid Wesström



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING .....	7
LITTERATURÖVERSIKT .....	8
Vattenkvalitet .....	8
Osmotiska problem .....	8
Toxiska problem .....	9
Infiltrationsproblem .....	9
Saltutlakning .....	11
MATERIAL OCH METODER .....	12
Försöksplatser .....	12
Hichria-området, sommarsäsongen .....	13
Hichria-området, vintersäsongen .....	13
Sagdaguia-området, sommarsäsongen .....	15
Sagdaguia-området, vintersäsongen .....	16
Mätningar och mätutrustning .....	23
Potentiell evapotranspiration .....	23
Nederbörd .....	24
Bevattningsgivor .....	24
Markfuktighet .....	25
Vattenhalt i marken vid olika tensioner .....	26
Metodbeskrivning .....	26
Vattenbudget .....	26
RESULTAT SOMMARSÄSONGEN .....	31
Nederbörd .....	31
Bevattningar .....	31
Rotdjup .....	33
Vatteninnehåll i marken .....	33
Vattenbudget .....	34
Aktuell vattenbudget .....	34
Teoretisk vattenbudget .....	37
Konduktivitet i mark och vatten .....	38
Utlakning .....	39
RESULTAT VINTERSÄSONGEN .....	39
Nederbörd .....	40
Bevattning .....	40
Rotdjup .....	42
Vatteninnehåll i marken .....	42
Vattenbudget .....	43
Aktuell vattenbudget .....	43
Teoretisk vattenbudget .....	48
Konduktivitet i mark och vatten .....	48
Utlakning .....	50
DISKUSSION .....	51
SAMMANFATTNING .....	53
LITTERATURFÖRTECKNING .....	54





## INLEDNING

Nederbörden räcker ofta inte till för att täcka odlade grödors vattenbehov i semi-arida och arida områden. Inom dessa klimatområden är tillgången på vatten för bevattning ofta mycket begränsad. Många gånger är man hänvisad till att bevattna enbart med grundvatten. Detta är fallet i de områden där denna bevattningsstudie har utförts. Från år 1976 till år 1990 har antalet borrhälsbrunnar i Sidi Bouzid-distriktet ökat från ca 600 till ca 7 600. En stor ökning av vattenuttaget har medfört att en del av de underjordiska markvattenmagasinen har sinat och att omgivande saltare grundvatten har trängt in och höjt saltkoncentrationen i brunnsvattnet.

De nämnda negativa effekterna av bevattning har lett till ett ökat behov av studier om hur bevattning påverkar grundvatten och mark. Sedan år 1984 samarbetar svenska och tunisiska forskare genom SIDA, i ett markvårdsprojekt i Sidi Bouzid-distriktet, centrala Tunisien. Försöksavdelningen för hydroteknik ansvarar för den del av detta projekt där olika grödors vattenbehov och risken för försaltning av marken studeras. Samtidigt strävar man efter att få fram riktlinjer för att förbättra vattenhushållningen.

För att få en uppfattning om vattenhushållning och försaltningsproblematik i distriktet har en undersökning av befintlig bevattningsteknik utförts hos några lantbrukare i området under ett odlingsår.

Undersökningen uppdelades i en sommarsäsong och en vintersäsong. Sommarsäsongen omfattade perioden mars till juli 1990. År 1990 var ett ovanligt år från väderlekssynpunkt med hög nederbörd under januari månad och svåra översvämningar. Översvämningarna medförde stora skador på odlingsmark, brunnar och vägar. Vårbruket försenades. Undersökningen utfördes på fyra gårdar i två områden. Två gårdar i Sagdaguia-området och två gårdar i Hichria-området. På gårdarna i Sagdaguia odlades tomater. På en gård i Hichria odlades tobak och på en odlades vattenmelon. Vattenmelonerna bevattades med spridarbevattning medan övriga grödor ytbevattades.

Vintersäsongen omfattade perioden oktober 1990 till april 1991. Undersökningen utfördes på två gårdar i Sagdaguia-området och tre i Hichria-området. På fyra gårdar odlades spannmål och på en gård i Hichria odlades bondbönor. På samtliga gårdar användes ytbevattning.

## LITTERATURÖVERSIKT

### Vattenkvalitet

Allt grundvatten innehåller salter av varierande koncentration och sammansättning. Efter bevattning kommer marken att innehålla en likartad blandning av salter, men med en högre koncentration än bevattningsvattnet (Ayers & Westcot, 1985). Den omfattning med vilken salter ackumuleras i marken påverkas av den bevattnade jordens fysikaliska och kemiska egenskaper, bevattningsvattnets saltkoncentration och saltsammansättning, bevattningens utförande samt dränerings- och klimatförhållanden.

Försaltningsproblem uppstår när salt anrikas i en grödas rotzon i så höga koncentrationer att skördeförluster uppstår. Saltet kan ha sitt ursprung ifrån en högt stående grundvattenyta eller ifrån bevattning med salthaltigt vatten (Ayers & Westcot, 1985).

Försaltning av marken ger upphov till en rad problem. Av dessa kommer osmotiska, toxiska och infiltrationsproblem att kortfattat behandlas nedan.

De två vanligaste måtten på en jords saltinnehåll är total salthalt, TSD (Total Dissolved Solids) och ledningstal (Lt). Total salthalt utgörs av den totala mängden lösta salter och mäts i meq/l eller mg/l. Ledningstalet är ett mått på en lösningens elektriska ledningsförmåga. Ledningsförmågan är beroende av salthalten och den våta tvärsnittsarean och anges enligt svensk standard i mS/m. I litteraturen finner man dock olika sätt att uttrycka ledningsförmågan t ex mmhos/cm, mS/cm, eller dS/m. Relationen mellan de olika enheterna är följande; 1 mS/m = 0,01 mmhos/cm = 0,01 mS/cm = 0,01 dS/m.

### Osmotiska problem

Syftet med bevattning är att tillgodose växternas vattenbehov för att förhindra de skördeförluster som kan uppstå om växterna utsätts för vattenstress.

Salt i marken ökar de krafter som ger upphov till osmotisk potential (OP). Om två fält med likartade förhållande bevattnas med vatten innehållande olika saltmängder, kommer den gröda som har bevattnats med vattnet med den lägre salthalten att ta upp och utnyttja mer vatten än den gröda som har bevattnats med den högre salthalten (Smedema et al., 1983).

I "saltjordar" ökar den osmotiska potentialen (OP) proportionellt mot den elektriska konduktiviteten (EC), som beror på saltkoncentrationen i marken (ECe) (figur 1) enligt ekvationen:

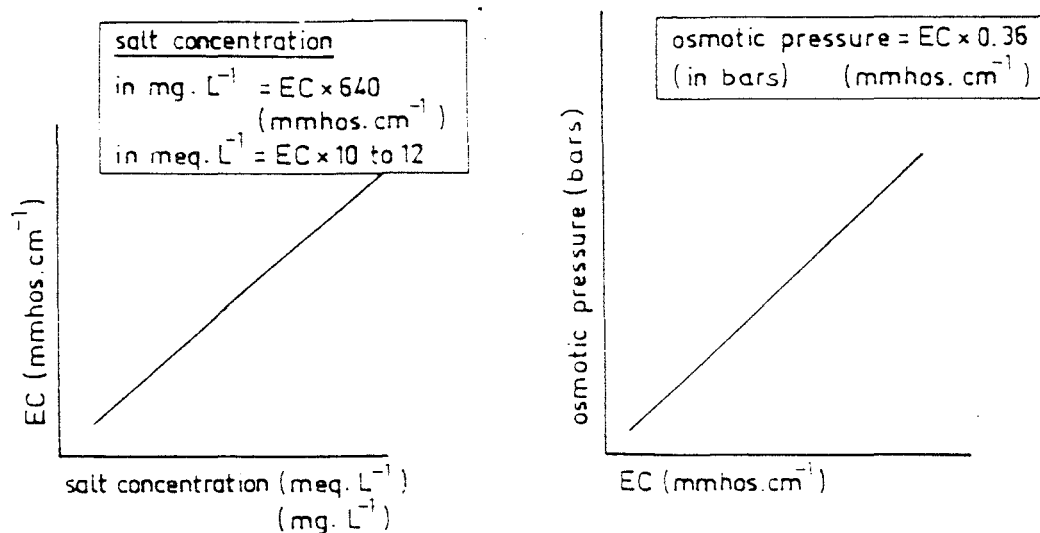
$$OP = 0,36 \cdot EC$$

där OP = tryck i bar och EC = ECe = konduktivitet i mmhos/cm.

Då marken torkar ut mellan två bevattningar ökar saltkoncentrationen i markvätskan. Vid bevattning sker en plötslig utspädning. Växterna utsätts då för ett överskott av salt, följt av ett plötsligt överskottsupptag av vatten. Detta kan orsaka att växtens celler sprängs sönder och dör (Grillot, 1956).

För bedömning av risken för saltskador på grödor kan den s k Schoefielskalan användas (Smedema et al., 1983);

- Ece = 0 - 2 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  : obetydlig effekt på alla grödor  
2 - 4 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  : lätt effekt på känsliga grödor  
4 - 8 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  : stor effekt på många grödor  
8 - 16 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  : endast mycket resistenta plantor kan växa  
> 16 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  : endast mycket resistenta plantor kan överleva



**Figur 1.** Linjära förhållanden mellan saltkoncentration, elektrisk konduktivitet och osmotiskt tryck, (efter Smedema et al, 1983).

### Toxiska problem

Toxiska problem uppstår när vissa joner i marken eller i vattnet som tas upp av växten, anrikas i så hög grad att grödan skadas eller skörden reduceras. Skadans omfattning beror på koncentrationen av den skadliga jonen, hur lång tid växten utsätts för höga koncentrationer, växtens känslighet och mängden vatten grödan transpirerar (Ayers & Westcot, 1985).

De vanligaste jonerna i salthaltigt vatten som kan orsaka toxiska problem är natrium-, klorid- och borjoner. Skador kan orsakas av varje enskild jon eller genom en kombination av dessa joner. De flesta årliga växter är mindre känsliga för måttliga koncentrationer av salt i mark och i vatten, medan perenna växter och träd är mer känsliga. Toxiska joner kan även absorberas direkt genom bladen vid exempelvis spridarbevattning. Det är främst natrium- och kloridjoner som kan absorberas på detta sätt (Ayers & Westcot, 1985).

### Infiltrationsproblem

Salter i bevattningsvattnet kan orsaka att markens infiltrationsförmåga reduceras. Detta kan medföra att ytvatten bildas eller att vatten infiltrerar alltför långsamt för att förse grödan med tillräcklig mängd vatten (Ayers & Westcot, 1985). Bland sekundära problem orsakade av försämrad infiltration kan nämnas skorpbildning med



försämrade uppkomst, ökad ogräsförekomst, störningar i växtnäringstillgången, syrebrist, ruttnande utsäde och nedsatt skörd speciellt i svackor.

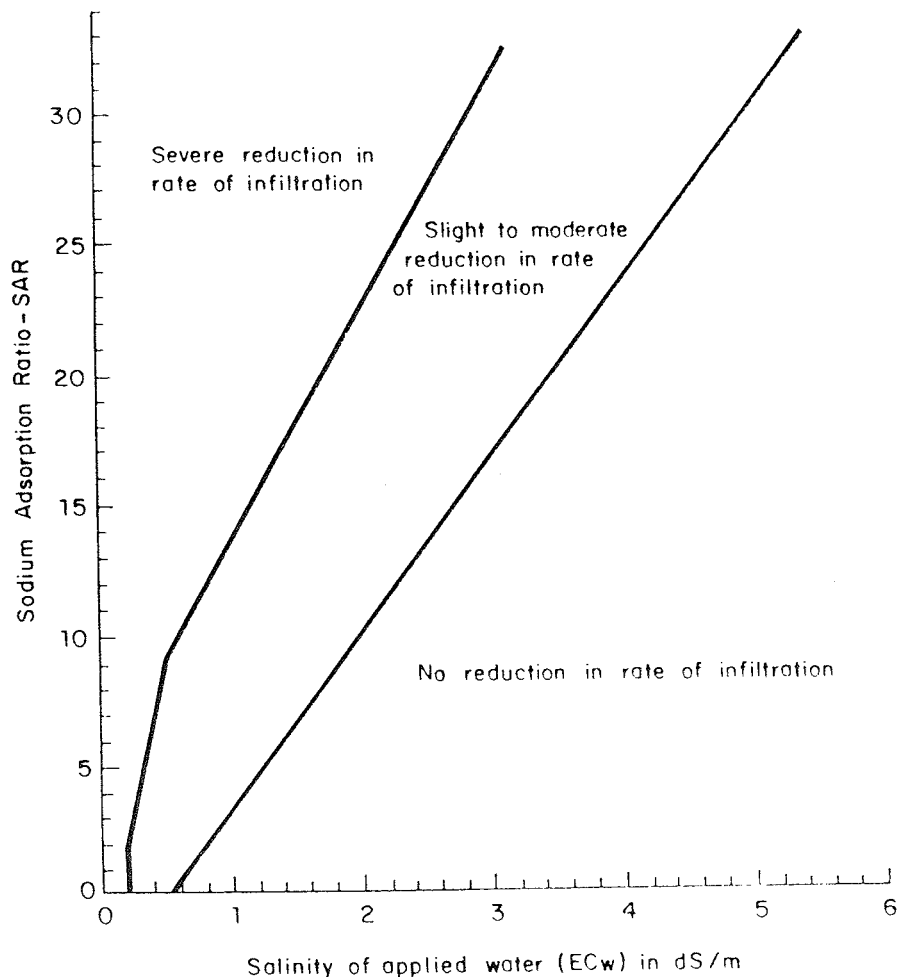
Ett vatten med en låg konduktivitet, mindre än 0,2 mmhos/cm, är korrosivt. Det kan orsaka frigörelse av mineraler och salter från markytan, framförallt av kalcium. Detta påverkar mycket starkt markaggregatens stabilitet och därmed försämras markstrukturen (Ayers & Westcot, 1985).

Ett överskott av natrium i bevattningsvattnet kan också orsaka dispergering av markkolloiderna och bryta ned markens struktur. Detta sker om förhållandet mellan natrium och kalcium är större än 3:1 (Ayers & Westcot, 1985).

Natriumadsorptionskvoten (SAR=Sodium Adsorption Ratio) är ett användbart uttryck för att värdera riskerna ur infiltrationssynpunkt, med att använda ett visst vatten till bevattningsändamål (figur 2). SAR-värdet definieras enligt följande:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

där  $Na^+$  = natriumkoncentrationen i meq/l  
 $Ca^{++}$  = kalciumkoncentrationen i meq/l  
 $Mg^{++}$  = magnesiumkoncentrationen i meq/l



**Figur 2.** Vattnets konduktivitet och natriumadsorptionskvotens (SAR-värdet) påverkan på infiltrationen (efter Rhoades, 1977, Oster & Schroer, 1979).

### Saltutlakning

Salt som ackumulerats i marken kan utlakas genom bevattning med högre givor än det aktuella vattenbehovet. Överskottsvattnet kommer genom perkolation att ta med sig saltet till djupare nivåer. För att kunna bestämma utlakningens storlek är det nödvändigt att veta konduktiviteten i bevattningsvattnet och växtens tolerans mot försaltad mark. Beräkning kan ske med följande ekvationer efter Rhoades, 1974 och Rhoades & Merrill, 1976:

$$LR = \frac{ECw}{5(ECe) - ECw}$$

där LR = utlakningskvoten  
ECw = bevattningsvattnets konduktivitet i dS/m  
ECe = marklösningens konduktivitet (salthalt) växten kan tolerera.

Den totala bevattningsgivan bestäms ur ekvationen

$$Aw = \frac{ET}{1 - LR}$$

där Aw = bevattningsgivan i mm  
ET = evapotranspirationen i mm  
LR = utlakningskvoten

Tabell 1 visar de studerade växternas salttolerans. Överstiger konduktiviteten de i tabellen angivna värdena blir resultatet skördesänkningar.

**Tabell 1.** Högsta konduktivitetssvärde i mark (ECe) resp. vatten (ECw) för odlade grödor, vid 100 procents skördepotential, efter Ayers & Westcot, 1989

gröda	ECe (mmhos/cm)	ECw (mmhos/cm)
tomat	2,5	1,7
vattenmelon	2,5	1,7
tobak	7,0	5,0
korn	8,0	5,3
vete	6,0	4,0
havre	6,0	4,0
bondbönor	1,5	1,1

## MATERIAL OCH METODER

### Försöksplatser

Målsättning vid val av försöksplatser var att täcka olika områden av distriktet och att genomföra undersökningen på olika jordarter och med olika grödor som var representativa för området. Undersökningen skulle genomföras utan att påverka driften av gården.

Undersökningen är koncentrerad till två områden av Sidi Bouzid-distriktet i centrala Tunisien. Det ena området är Hichria beläget ca 30 km söder om staden Sidi Bouzid. Det andra området är Sagdaguia, beläget ca 5 km nordväst om staden Sidi Bouzid.

I Tunisien indelar man odlingsåret i två säsonger. Sommarsäsongen som sträcker sig från mars till september och vintersäsongen som omfattar oktober till maj-juni. Under sommarsäsongen odlas framförallt grönsaker och under vintersäsongen odlas spannmål och fodergrödor.

Av praktiska skäl måste antalet undersökta gårdar begränsas till fem. Bristen på utrustning och arbetskraft, samt svårigheter med att finna lämpliga försöksgårdar begränsade urvalet. Fler gårdar hade varit önskvärt för att få en bättre spridning i området. Under sommarsäsongen följdes bevattningen på två gårdar i Hichria-området och på tre gårdar i Sagdaguia-området. Under vintersäsongen följdes bevattningen på tre gårdar i Hichria-området och på två gårdar i Sagdaguia-området.

Mätningar i Hichria sköttes av lokal personal från Commissariat Regional au Développement Agricole (CRDA) kontor i Sidi Sayed och mätningarna i Sagdaguia sköttes av personal från CRDAs kontor i Sidi Bouzid.

En sammanställning av information om gårdarna som ingick i studien under sommarsäsongen återfinns i tabell 2 och om gårdarna som ingick i studien under vintersäsongen i tabell 3.

**Tabell 2.** Sammanställning av gårdsuppgifter under sommarsäsongen

Gård	Total areal (ha)	Bev. areal (ha)	Bev. areal vår 1990 (ha)	Arbets- kraft (pers.)	Brunnen grävd år	Brunns- djup (m)	Pump- <sup>1)</sup> djup (m)	Bränsle- förb. (l/h)	Bev. system	Gröda
Hichria 1	33	15	3	5	1974	20	43,5	1,45	får	tobak
Hichria 2	37	14	6	2+5	1985	27	38,4	2,8	spridar	melon
Sagdaguia 1	6	4,5	4,5	3+2	1976	18	51	1,5	får	tomat
Sagdaguia 2	1,5	1,5	1,5	2+3	1986	21	57	1,95	bassäng	tomat

<sup>1)</sup> Brunnarna är grävda med nedslagna rör i botten från vilka vatten pumpas.

**Tabell 3.** Sammanställning av gårdsuppgifter under vintersäsongen

Gård	Total areal (ha)	Bev. areal (ha)	Bev. areal vinter 1990 (ha)	Arbets- kraft (pers.)	Brunnen grävd år	Brunns- djup (m)	Pump- djup (m)	Bränsle- förb. (l/h)	Bev. system	Gröda
Hichria 1	33	15	2,25	5	74	20	43,5	1,5	bassäng	korn
Hichria 3	6	2	1,25	3	85	17	95	1,0	bassäng	korn
Hichria 4	8	8	3,5	3	78	14	75	1,5	får	bondböna
Sagdaguia 2	1,5	1,5	1,5	2	86	21	57	1,5	bassäng	havre
Sagdaguia 3	3	3	0,45	2	76	10	43	1,5	bassäng	vete



## Hichria-området, sommarsäsongen

### *Hichria 1*

Under den studerade sommarsäsongen var 3 hektar under bevattning. På den bevattnade arealen odlades tobak, bomull och lusern. Tobaksodlingen valdes som försöksyta. Jordarten på försöksytan var mullfattig lerig mo.

Tobaksodlingen bevattnas med fårbevattning. Vattnet leds genom en PVC-ledning från brunnen till fältet som ska bevattnas. Vattnet leds vidare över fältet genom grävda kanaler till de enskilda fårorna. Fyra fåror ingick i studien. Fårornas placering redovisas i figur 3. Fårornas dimensionering och antal plantor per fåra och per hektar redovisas i tabell 4.

**Tabell 4.** Dimensionering av fåror och antal plantor per fåra och per hektar

	Längd (m)	Bredd (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Antal plantor per fåra	Antal plantor per hektar
Fåra 1	13,05	0,80	10,44	33	31 600
Fåra 2	16,50	0,80	13,20	43	32 600
Fåra 3	15,35	0,80	12,28	30	24 400
Fåra 4	13,70	0,80	10,96	32	29 200
Medelvärde	14,65	0,80	11,72	34	29 500

### *Hichria 2*

Under studiens gång var 6 hektar under bevattning. På den bevattnade arealen odlades sorghum och vattenmelon. Som försöksyta valdes melonodlingen. Försöksytan var 0,65 hektar. Jordart på försöksytan var mullfattig lerig moig sand.

Vattnet som används till bevattning pumpas genom PVC-rör från en brunn som ligger ca 2 km från gården till en bassäng. Från bassängen pumpas vattnet vidare under tryck i aluminiumrör. Bevattningen utförs med små spridare kopplade direkt på aluminiumledningen.

Dimensionering av försöksytan samt placering av mätutrustningen redovisas i figur 4.

## Hichria-området, vintersäsongen

### *Hichria 1*

Under den studerade vintersäsongen var 2,25 hektar under bevattning. På den bevattnade arealen odlades korn och lusern. Kornodlingen valdes som försöksyta. Jordarten på försöksytan var mullfattig lerig mo.

På gården används bassängbevattning under vintersäsongen. Vattnet leds genom en PVC-ledning från brunnen till fältet som ska bevattnas. Tre bassänger ingick i försöken. Bassängernas placering redovisas i figur 5. Bassängernas dimensionering och antal plantor per bassäng och per hektar redovisas i tabell 5.

**Tabell 5.** Dimensionering av bassänger och antal plantor per bassäng och per hektar

	Längd (m)	Bredd (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Antal plantor per bassäng	Antal plantor per hektar
Bassäng 1	4,6	4,4	20,2	3 720	192 000
Bassäng 2	5,1	4,3	21,9	4 560	208 000
Bassäng 3	4,4	3,4	15,0	1 520	168 000
Medelvärde	4,7	4,0	19,0	3 600	190 000

*Hichria 3*

Under studiens gång var 1,25 hektar under bevattning. På den bevattnade arealen odlades korn och lusern. Som försöksyta valdes kornodlingen. Jordarten på försöksytan var mullfattig svagt lerig moig sand.

På gården används bassängbevattning. Vattnet leds genom en PVC-ledning från brunnen till fältet som ska bevattnas. Tre bassänger ingick i försöken. Bassängernas placering redovisas i figur 6. Bassängernas dimensionering och antal plantor per bassäng redovisas i tabell 6.

**Tabell 6.** Dimensionering av bassänger och antal plantor per bassäng och per hektar

	Längd (m)	Bredd (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Antal plantor per bassäng	Antal plantor per hektar
Bassäng 1	5,8	2,6	15,1	4 040	268 000
Bassäng 2	6,0	2,4	14,4	4 900	340 000
Bassäng 3	7,5	3,3	24,8	10 220	412 000
Medelvärde	6,4	2,8	18,1	6 380	340 000

*Hichria 4*

Under studiens gång var 3,5 hektar under bevattning. På den bevattnade arealen odlades korn och bondbönor. Som försöksyta valdes bondbönodlingen. Jordarten på försöksytan var mullfattig lerig moig sand.

Bondbönorna fårbevattnas. Resten av arealen bassängbevattnas. Vattnet leds genom en PVC-ledning från brunnen till fältet som ska bevattnas. Tre fåror ingick i studien. Fårornas placering redovisas i figur 7. Fårornas dimensionering och antal plantor per fåra redovisas i tabell 7.

**Tabell 7.** Dimensionering av fåror och antal plantor per fåra och per hektar

	Längd (m)	Bredd (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Antal plantor per fåra	Antal plantor per hektar
Fåra 1	10,7	0,85	9,1	47	39 700
Fåra 2	9,0	0,85	7,7	46	37 300
Fåra 3	9,4	0,85	8,0	46	39 900
Medelvärde	15,88	0,73	11,55	45	38 700

Sagdaguia-området, sommarsäsongen*Sagdaguia 1*

Under studiens gång var 4,5 ha under bevattning. På den bevattnade arealen odlades tomat, paprika, sparris och melon. Tomatodlingen ingick i studien.

Bevattning sker med fårbevattning. Vattnet leds genom PVC-rör från brunnen till fältet. Från fältkanten leds vattnet vidare i grävda kanaler till de enskilda fårorna. Fyra fåror ingick i studien. Fårornas placering på fältet redovisas i figur 8. Dimensionering av fårorna och antal plantor per hektar redovisas i tabell 8.

**Tabell 8.** Dimensionering av fåror och antal plantor per fåra och per hektar

	Längd (m)	Bredd (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Antal plantor per fåra	Antal plantor per hektar
Fåra 1	16,45	0,72	11,84	47	39 700
Fåra 2	16,45	0,75	12,34	46	37 300
Fåra 3	16,00	0,72	11,52	46	39 900
Fåra 4	14,60	0,72	10,51	40	38 100
Medelvärde	15,88	0,73	11,55	45	38 700

*Sagdaguia 2*

Gårdens totala areal är 1,5 hektar. Hela arealen bevattnas. Under tiden studien pågick odlades majs och tomat. Tomatodlingen ingick i studien. Jordarten på försöksytan var i matjorden mullfattig moig lättlera och i alven sandig mo.

Bevattningen sker med bassängbevattning. Vattnet pumpas genom PVC-rör från brunnen till fältet. Vattnet leds vidare genom jordkanaler till de enskilda bassängerna. I studien ingick fyra bassänger. Bassängernas placering på fältet redovisas i figur 9. Bassängernas mått och antal tomatplantor per bassäng och per hektar redovisas i tabell 9.



**Tabell 9.** Dimensionering av bassänger och antal plantor per bassäng och hektar

	Längd (m)	Bredd (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Antal plantor per bassäng	Antal plantor per hektar
Bassäng 1	6,60	2,50	16,50	82	49 700
Bassäng 2	7,50	2,20	16,50	66	40 000
Bassäng 3	5,55	2,35	13,04	59	45 200
Bassäng 4	6,25	2,22	13,90	63	45 300
Medelvärde	6,48	2,32	14,99	68	45 100

Sagdaguia-området, vintersäsongen*Sagdaguia 2*

Gårdens totala areal är 1,5 hektar. Hela arealen bevattnas. Under tiden studien pågick odlades havre. Havreodlingen ingick i studien. Jordarten på försöksytan var i matjorden mullfattig moig lättlera och i alven sandig mo.

Bevattningen sker med bassängbevattning. Vattnet pumpas genom PVC-rör från brunnen till fältet. Vattnet leds vidare genom jordkanaler till de enskilda bassängerna. I studien ingick tre bassänger. Bassängernas placering på fältet redovisas i figur 10. Bassängernas mått och antal plantor per bassäng och per hektar redovisas i tabell 10.

**Tabell 10.** Dimensionering av bassänger och antal plantor per bassäng och hektar

	Längd (m)	Bredd (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Antal plantor per bassäng	Antal plantor per hektar
Bassäng 1	13,8	2,5	34,5	3170	92 000
Bassäng 2	13,8	2,5	34,5	4917	144 000
Bassäng 3	6,0	2,8	16,8	1610	96 000
Medelvärde	11,2	2,6	29,2	32,50	110 000

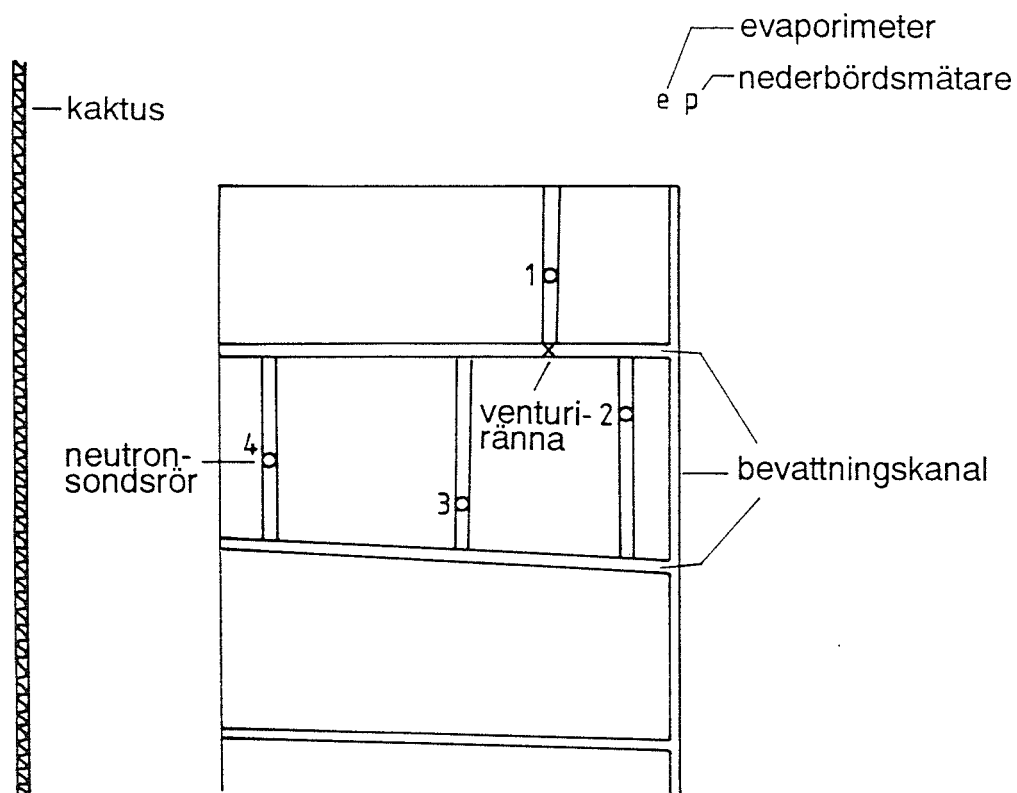
*Sagdaguia 3*

Gården består av 3 hektar. Hela arealen bevattnas. Under försökstiden odlades vete. Veteodlingen ingick i studien. Jordarten på försöksplatsen var mullfattig lerig sand.

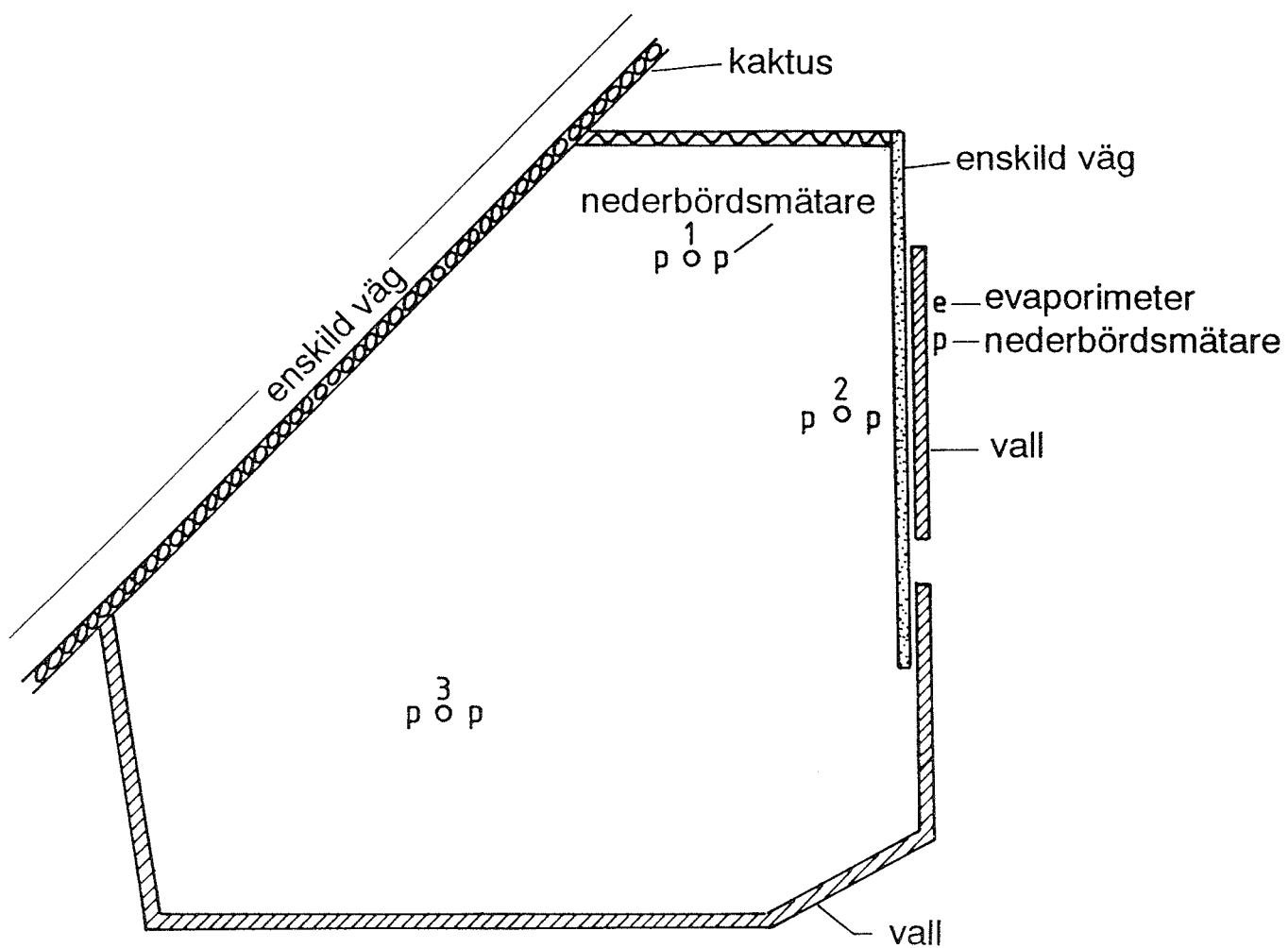
Bevattningen sker med bassängbevattning. Vattnet leds genom PVC-rör från brunnen till fältet. Från fältkanten leds vattnet vidare i jordkanaler till de enskilda bassängerna. Fyra bassänger ingick i studien. Bassängernas placering på fältet redovisas i figur 11. Dimensionering av bassängerna och antal plantor per bassäng och per hektar redovisas i tabell 11.

**Tabell 11.** Dimensionering av bassänger och antal plantor per bassäng och hektar

	Längd (m)	Bredd (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Antal plantor per bassäng	Antal plantor per hektar
Bassäng 1	24,0	2,9	70,8	35 680	504 000
Bassäng 2	14,9	2,9	43,2	17 450	404 000
Bassäng 3	37,0	3,1	114,7	27 530	240 000
Medelvärde	25,3	3,0	76,2	26 890	383 000

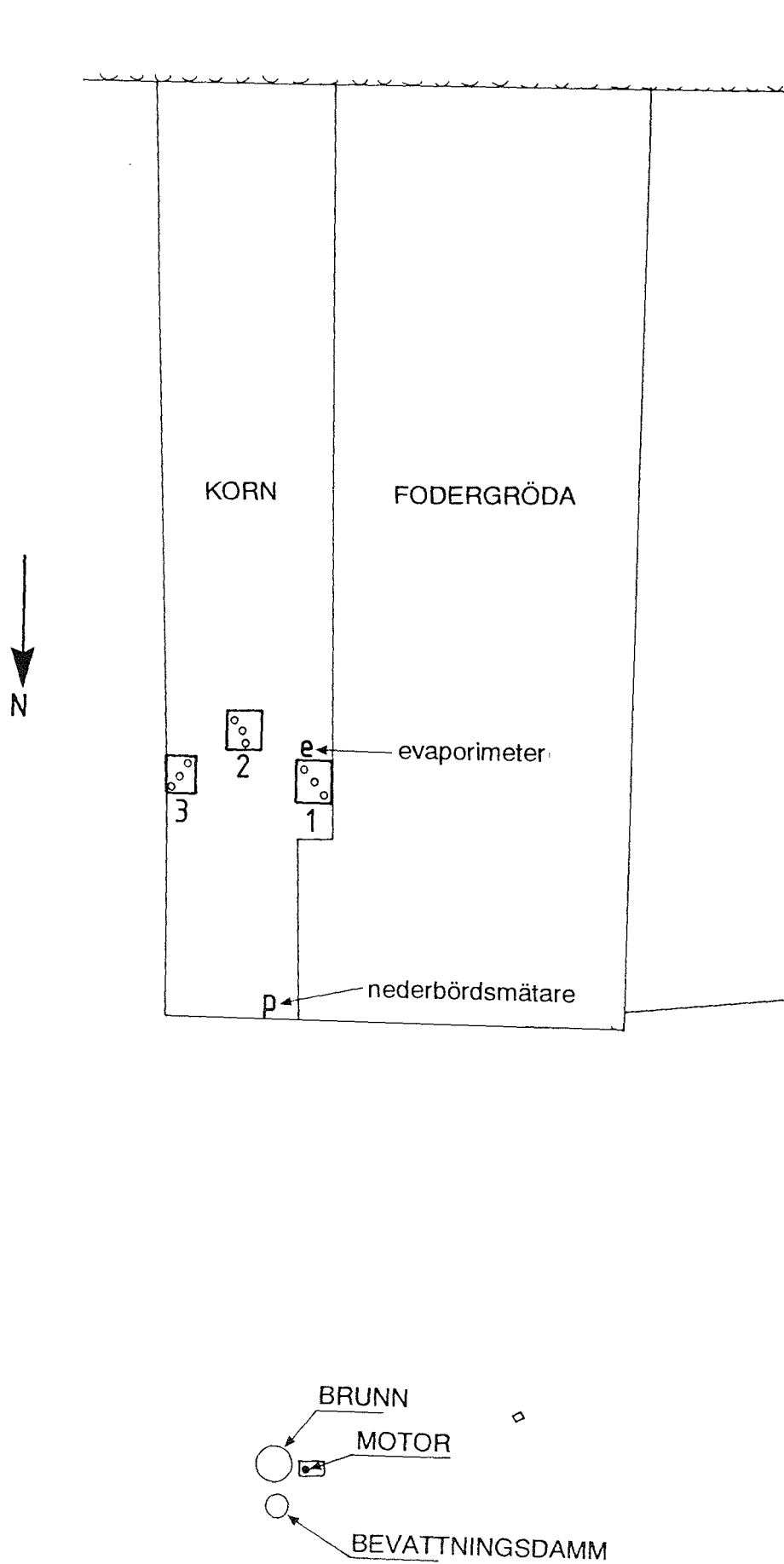


**Figur 3.** Fältplan för Hichria 1, sommarsäsongen.

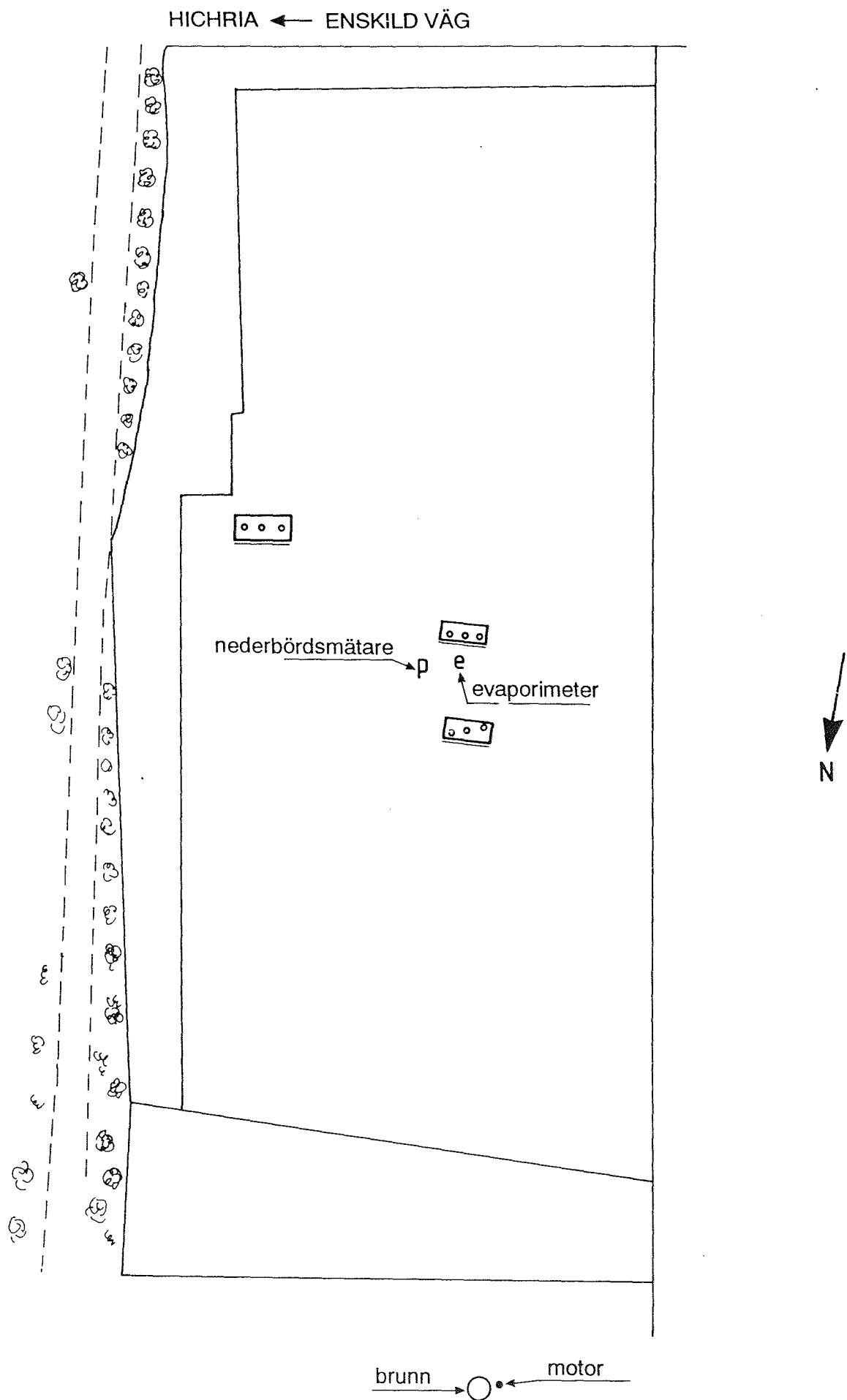


**Figur 4.** Fältplan för Hichria 2, sommarsäsongen.

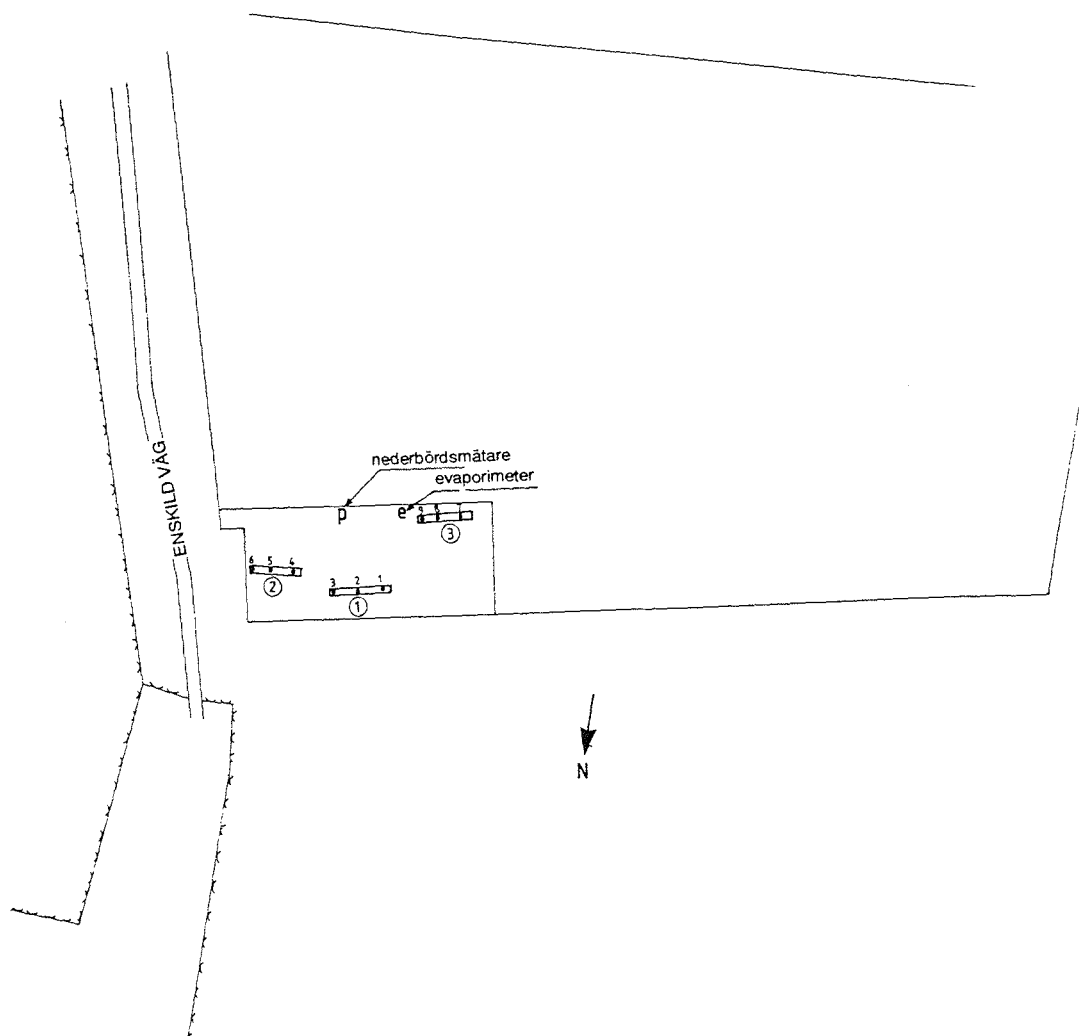




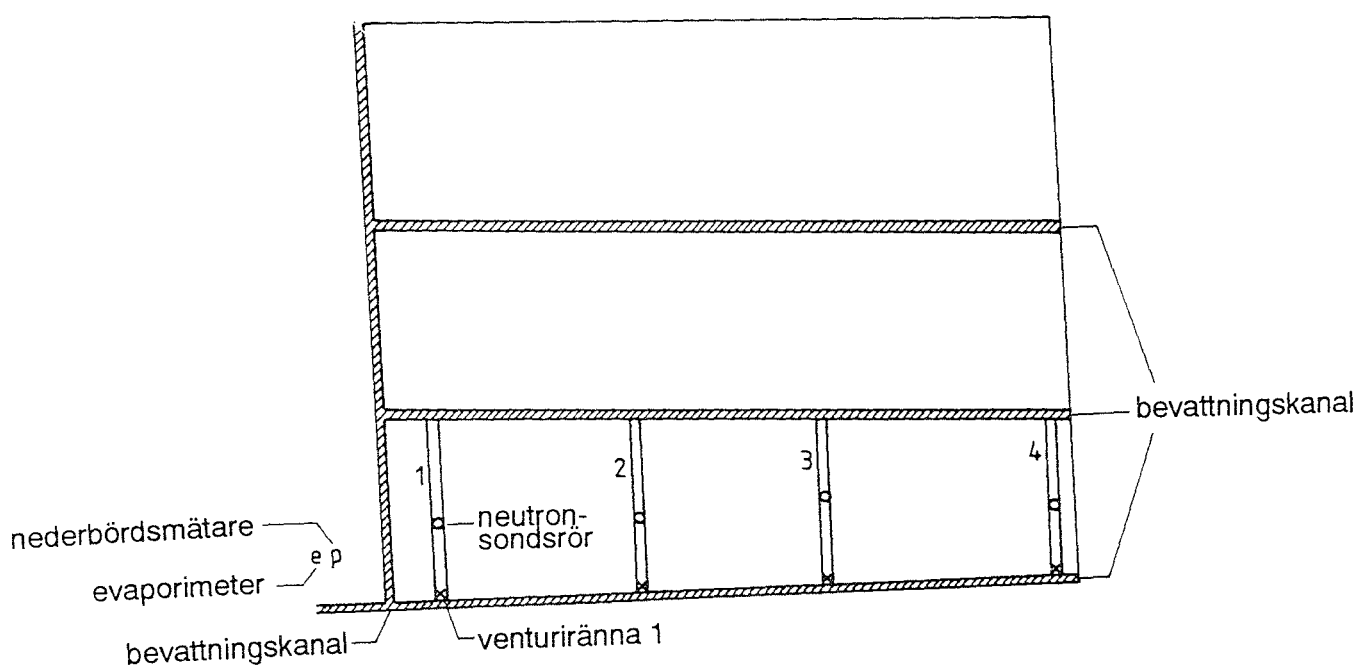
**Figur 5.** Fältplan för Hichria 1, vintersäsongen.



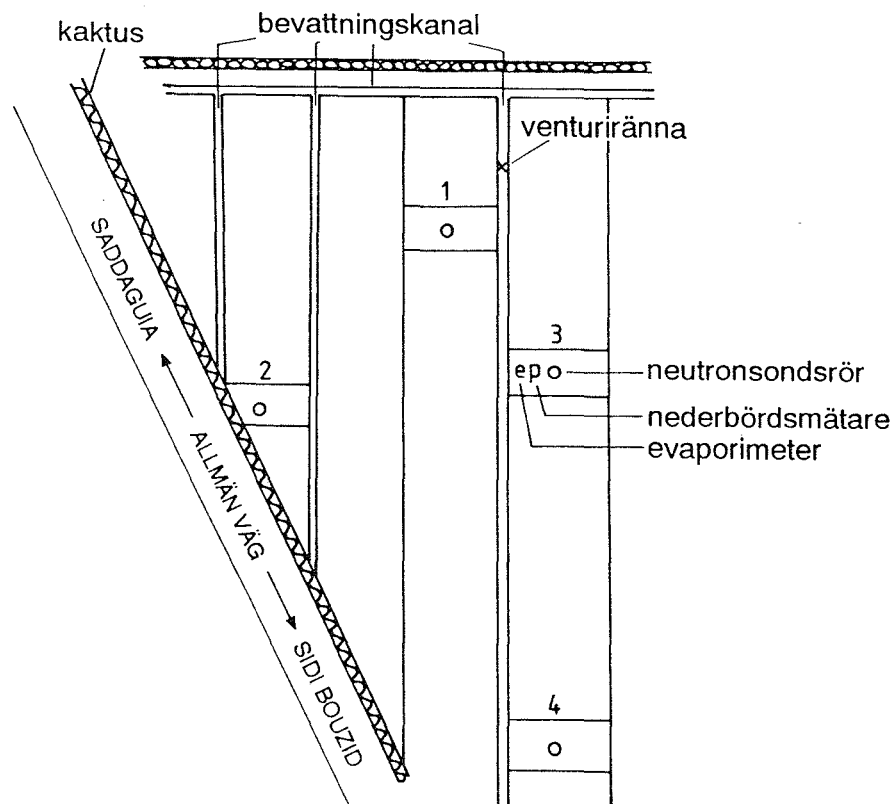
**Figur 6.** Fältplan för Hichria 3, vintersäsongen.



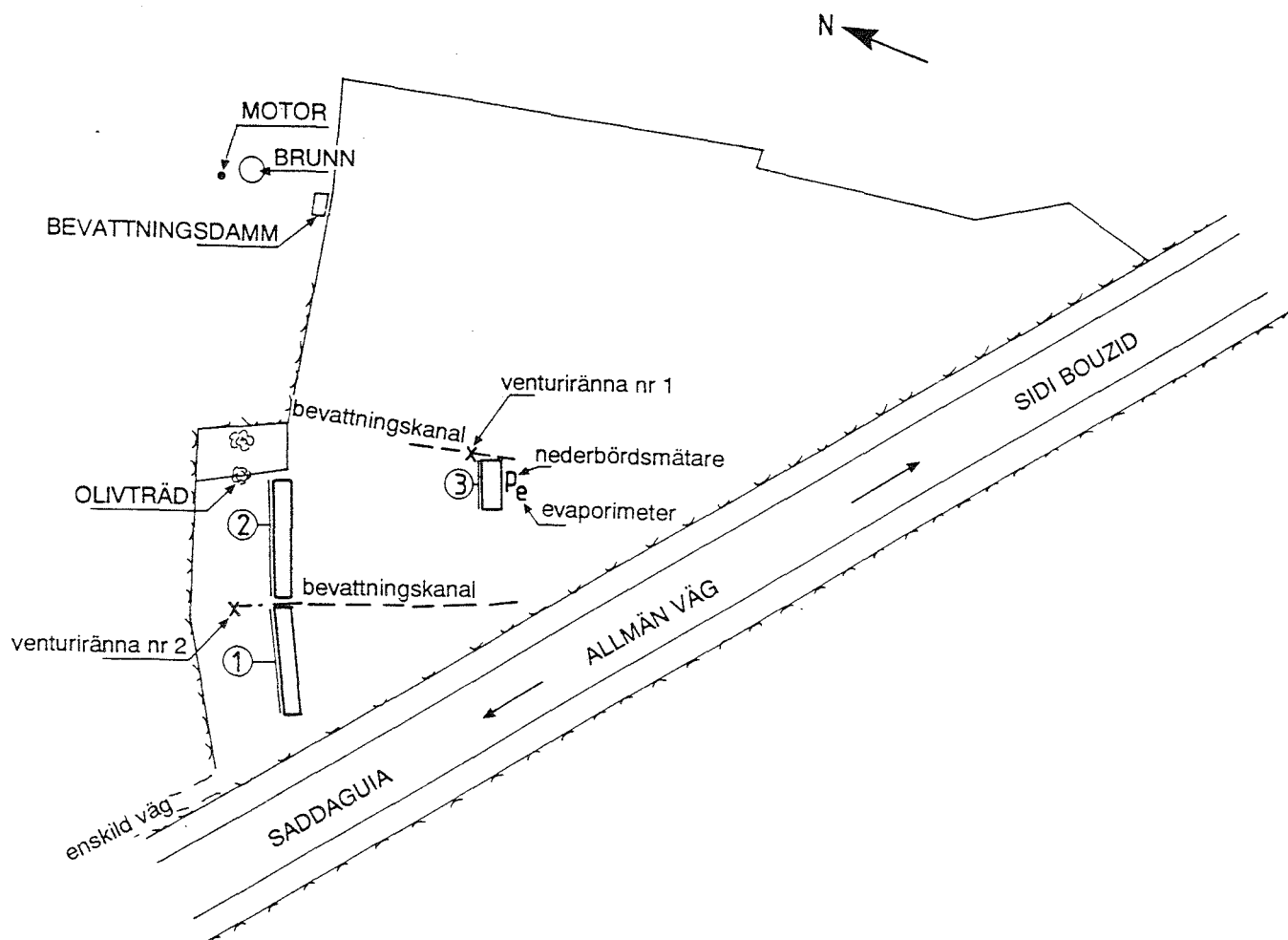
**Figur 7.** Fältplan för Hichria 4, vintersäsongen.



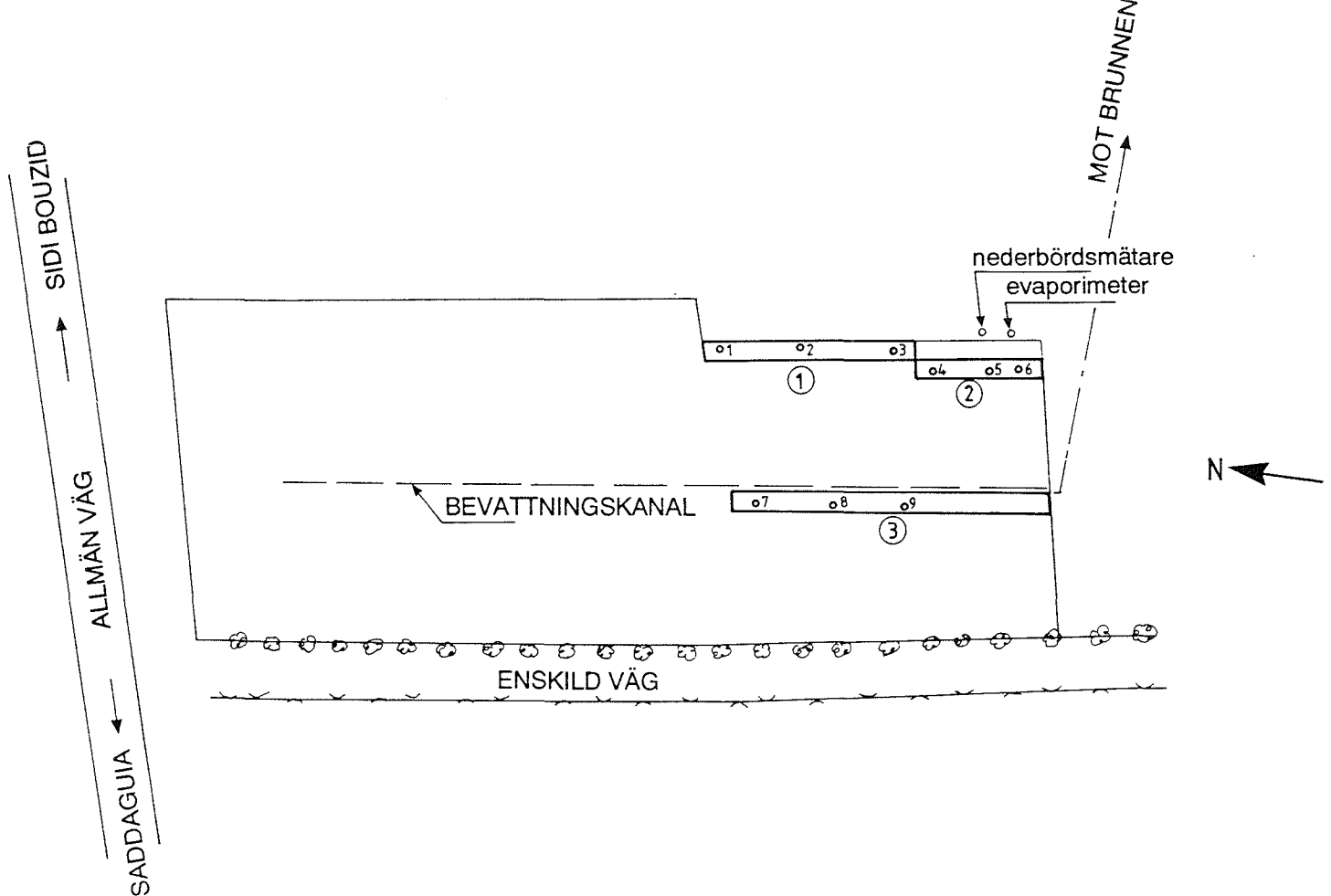
**Figur 8.** Fältplan för Sagdaguia 1, sommarsäsongen.



**Figur 9.** Fältplan för Sagdaguia 2, sommarsäsongen.



**Figur 10.** Fältplan för Sagdaguia 2, vintersäsongen.



**Figur 11.** Fältplan för Sagdagua 3, vintersäsongen.

### Mätningar och mätutrustning

För att kunna bedöma vattenhushållningen i marken gjordes dagliga mätningar av avdunstning och nederbörd samt mätningar av bevattningsgivornas storlek, variationen av markfuktigheten och vattenhalt i marken vid olika tensioner. Med hjälp av insamlade mätvärden har aktuella vattenbalanser upprättats. För att få en uppfattning om vattenhushållningen i marken har varje aktuell vattenbalans jämförts med en motsvarande teoretiskt beräknad vattenbalans.

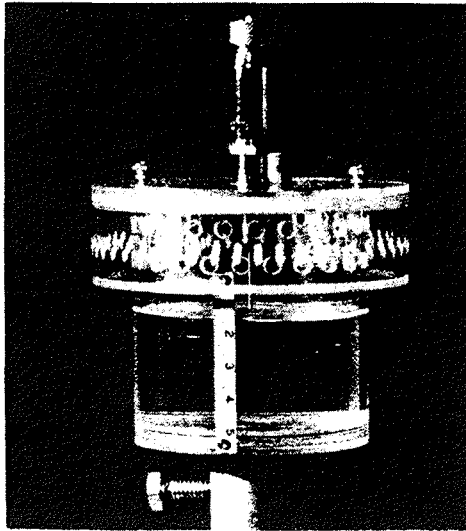
Konduktiviteten i bevattningstvattnet har mätts en gång och konduktiviteten i marken två gånger under sommarsäsongen. Konduktiviteten i bevattningstvattnet och i marken har mätts tre gånger under vintersäsongen.

### Potentiell evapotranspiration

Anderssons evaporimeter (Andersson, 1969) har använts för dagliga mätningar av den potentiella evapotranspirationen. Evaporimetern består av en cylindrisk behållare för vatten samt ett lock med en centralt placerad skruv i vilken en nål är fastsatt. Behållaren och locket är tillverkade av plexiglas. Behållaren har i den övre delen två rader cirkulära hål.

Vid avläsning skruvas skruven ner tills dess att kontakt nås med vattenytan i behållaren (figur 12). Skruven kan sänkas 20 mm och avläsning sker med 0,1 mm noggrannhet. En grövre avläsning utan skruv är möjlig upp till 35 mm.

Evaporimeterns placerades 1,5 m över marknivån och påfyllningen skedde med destillerat vatten för att inte eventuella saltavlagringar skulle påverka instrumentets mätnoggrannhet.



**Figur 12.** Anderssons evaporimeter.

### Nederbörd

Nederbörden har uppmätts med en enkel öppen nederbördsjäkmätare av plast graderad till 40 mm. Den uppsamlade ytan är 40 cm<sup>2</sup> och mätdelen har 14 cm<sup>2</sup> yta. Avläsning har gjorts med 1 mm noggrannhet.

### Bevattningsgivor

Bevattningsgivorna har bestämts genom mätningar av vattenflöde och tid. Vid ytbevattning har rännor av Venturityp använts för bestämning av vattenflödet och vid spridarbevattning en vattenmängdsmätare av typen slutna propellerflödesmätare.

#### *Rännor av Venturityp*

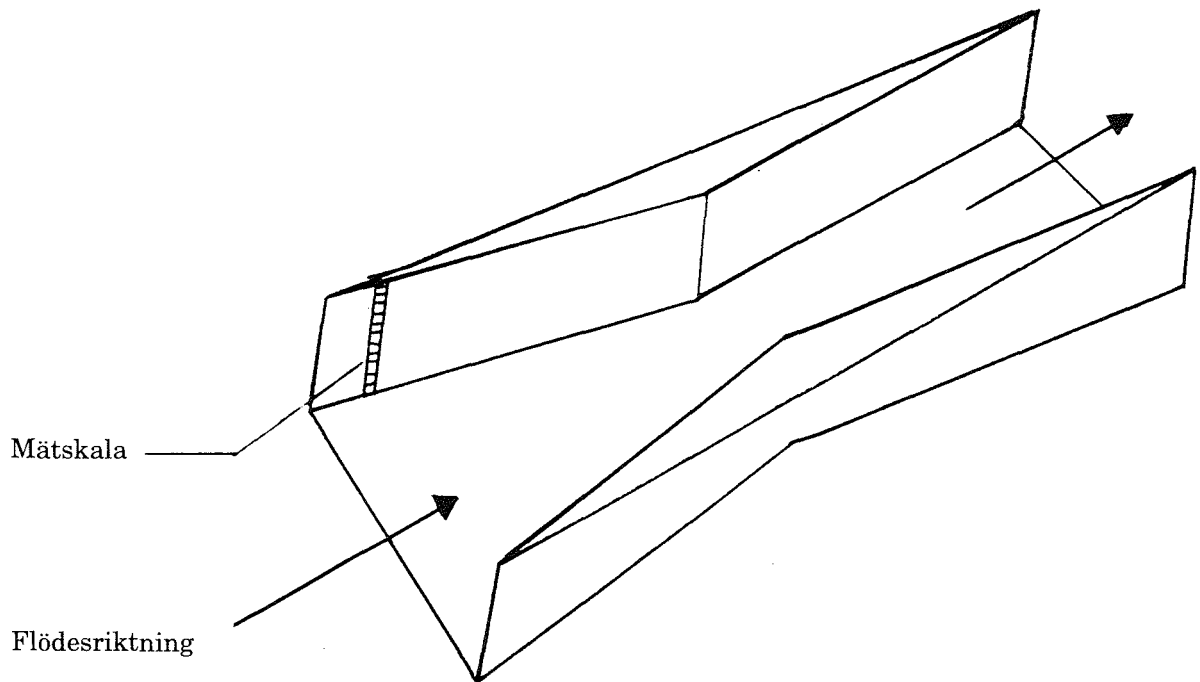
Rännorna har tillverkats i Sidi Bouzid, av 2 mm tjock plåt som har lackerats med rostskyddsfärg och vanlig färg, för att undvika korrosion och för att få en jämn yta.

I mitten av rännorna har en strypning gjorts vilken orsakar en nivåstigning på vattnet i inloppet av rännan. Vattennivån uppströms strypningen avläses på en millimeterskala (figur 13). Eftersom rännorna är tillverkade för hand och därmed inte är helt identiska i utformningen var det nödvändig att kalibrera alla rännorna mot ett känt vattenflöde. Kalibrering har skett med hjälp av en vattenmängdsmätare och tidtagning.

För att en ränna ska fungera som en tillförlitlig flödesmätare måste följande beaktas:

- \* Att instrumentet installeras i horisontalläge både i längd och sidriktning. Annars är risken för missvisande värde stor. Kontroll av installationen görs med hjälp av ett vattenpass.
- \* Att ingen upplagring av sediment sker i rännan.
- \* Att avläsning sker när vattennivån och flödet är konstant.





**Figur 13.** Principskiss för ränna av Venturityp.

#### *Vattenmängdmätare*

Vattenmängdmätare är en sluten propellerflödesmätare som monteras direkt på matarledningen. Propellern i mätaren är kopplad till ett kugghjuls-system, som i sin tur är kopplat till tre visare som indikerar 1 000 liter, 100 liter respektive 10 liter.

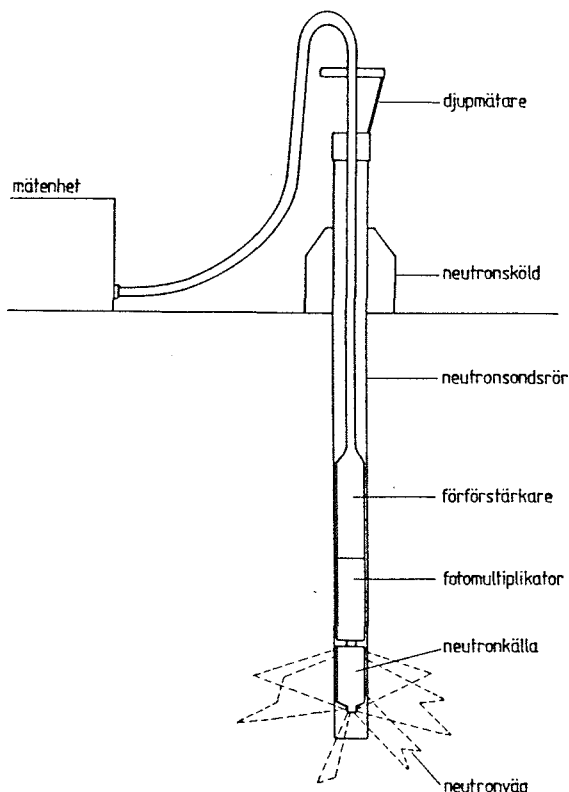
#### Markfuktighet

I dessa undersökningar har markfuktigheten mätts med en sk neutronsond av märket Nucleonics, tillverkad i Danmark. Mätmetoden är snabb och sonden mäter över en stor volym jord vilket ger ett relativt säkert mätvärde. Instrumentet är försett med en skrivare, som skriver ut mätvärden på en pappersremsa. En principskiss för instrumentet återfinns i figur 14.

Instrumentet behöver kalibreras till varje neutronsondrör som installeras i marken på heterogena jordar. Följande faktorer påverka mätresultatet:

- \* Jordens torrdensitet
- \* Halten organiskt material
- \* Lermineral och lerhalt (mängden väte bundet i lerkolloiderna)
- \* Förekomst av grundämnen som lätt ingår i kärnreaktioner med utsända neutroner (absorberar neutroner): B, Cl, Fe, Li, K och Cd.

Kalibrering görs genom uttag av jordprover på varje markskikt, som mäts med sonden t ex var 20:e cm. Jordproverna torkas i värmeskåp i 105° C under 1 - 2 dygn tills proverna har antagit en konstant vikt. Jordproverna vägs före och efter torkning. Vattenhalten beräknas. Organogena jordar torkas i 72° C med vakuumtorkning. Proceduren upprepas vid olika vattenhalter i jorden.



**Figur 14.** Principskiss för neutronsond av märket Nucleotronics.

#### Vattenhalt i marken vid olika tensioner

Jordprover tas ut från varje representativ horisont i marken. Genom laboratoriebestämning bestäms jordens vattenhalt vid olika tensionsnivåer. Fältkapaciteten avser markens vattenhalt efter det att det fria vattnet har avrunnit och den nedåtgående vattenrörelsen har upphört (Wiklander, 1976). Fältkapaciteten bestäms i laboratorium vid 0,1 bar. Permanenta vissningsgränsen betecknar gränsen mellan för växterna upptagbart och icke upptagbart vatten. Vissningsgränsen bestäms i laboratorium vid 15,0 bar eller genom odling.

Vid bestämning av markens vattenhalt i volymprocent vid olika tensioner är det viktigt att ostörda jordprover tas ut för att bibehålla jordstrukturen eftersom korrekta värden på jordens skrymdensitet krävs för omräkning från viktprocent till volymprocent.

Fältkapaciteten har i denna studie mätts genom att jordprover har tagits ut för gravimetrisk analys på en provyta i fält. Provytan har vattenmättats och jordprover har tagits ut efter två dagars självdränering av jorden.

Vissningsgränsen (15 bar) har bestämts i laboratorium på Institutionen för markvetenskap, SLU.

#### **Metodbeskrivning**

##### Vattenbudget

Att föra en vattenbudget innebär i korthet ett sätt att följa markvattenbalansen för en gröda på ett fält med utgångspunkt från följande:

- \* känd vattenhalt i marken vid växtsäsongens start
- \* uppmätt eller skattad evapotranspiration
- \* nederbörd
- \* bevattning

För att man ska kunna föra en aktuell vattenbudget krävs det helst ett dagligt insamlande av mätvärden. Det är nödvändigt att ha tillgång till (dagliga) mätvärden på evaporation, nederbörd samt att mäta bevattningsgivorna.

Utöver det ovan nämnda måste man veta effektivt rotdjup under olika delar av säsongen, jordens vattenhalt vid fältkapacitet och vissningsgräns samt finna lämpliga metoder för att skatta grödans aktuella evapotranspiration utifrån mätaravdunstning under olika förhållande och utvecklingsstadier.

I denna studie har en aktuell vattenbudget förts, för varje enskild fåra, bassäng och parcell samt en teoretisk vattenbudget beräknats, för samtliga gårdar som ingick i studien. Samma förutsättningar har använts vid beräkning av aktuell och teoretisk vattenbudget med avseende på avdunstning, nederbörd, rotdjup och fältkapacitet. Skillnaden mellan den teoretiska och den aktuella vattenbudgeten är bevattningstidpunkt och bevattningsgivans storlek. I den teoretiska vattenbudgeten har man bevattnat med en giva på 40 mm då 40 mm vatten förbrukats från fältkapacitet. Samma princip har använts på samtliga gårdar under hela odlingsåret med undantag av Hichria 2 under sommarsäsongen. På Hichria 2 har man bevattnat med en giva på 30 mm då 30 mm vatten förbrukats från fältkapacitet. Hichria 2 är den enda gård som har använt spridarbevattning.

Vid beräkning av vattenbudgeten har ingen hänsyn tagits till osmotiska effekter orsakade av salthalten i marken och dess påverkan på växternas vattenupptagning.

Alla mätvärden översätts av praktiska skäl till millimeter, eftersom avdunstning och nederbörd mäts i millimeter. Följande ekvationer har använts för omvandling till millimeter.

$$\text{Bevattningsgiva (mm)} = \frac{\text{mängd vatten (l)}}{\text{bevattnad areal (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Vatteninnehåll (mm)} = \frac{\text{Vattenhalt (volymprocent)} \cdot \text{effektivt rotdjup (mm)}}{100}$$

### *Evapotranspiration*

Potentiell evapotranspiration ( $ET_0$ ) har skattats från sådd till skörd med hjälp av Anderssons evaporimeter på varje gård som ingick i studien.

Potentiell evapotranspiration ( $ET_0$ ) som den definieras av Johansson & Linnér är den möjliga avdunstning från marken och beståndet under rådande klimatbetingelser uttryckt i mm per tidsenhet. Den potentiella evapotranspiration uppnås sällan i naturen. Den aktuella evapotranspirationen ( $ET$ ), beror förutom av den potentiella evaporationen bl a av grödan, dess utveckling och vattentillgången.  $ET$  fås genom att man multiplicerar  $ET_0$  med avdunstningsfaktorn  $K_c$  (Wright, 1981), se ekvation.

$$ET = ET_0 \cdot K_c \text{ (mm)}$$

$$\text{där } K_c = K_{cb} \cdot K_a + K_s$$

Avdunstningsfaktorn, ( $K_c$ ), är sammansatt av tre olika faktorer (Wright, 1981) vars storlek är beroende av transpirationen från ett växande bestånd ( $K_{cb}$ ), storleken på markens växttillgängliga vattenmagasin ( $K_a$ ) samt avdunstningen direkt från våta ytor ( $K_s$ ).

$K_{cb}$  varierar i storlek för olika grödor och under växtsäsongen för grödans olika utvecklingsstadier.  $K_{cb}$  förutsätter att grödan kan transpirera obegränsat dvs bl a att grödan har fri tillgång på vatten.

$K_a$  är relaterat till hur mycket växttillgängligt vatten som finns i marken. Efter en bevattning eller ett kraftigt regn är aktuell evapotranspiration (ET) för en given gröda endast beroende av avdunstningsbehovet till luften. Då vattenmagasinet i marken töms, blir det svårare för grödan att ta upp vatten. Vid en viss tömningsgrad av vattenmagasinet kommer detta att påverka den aktuella evapotranspirationen som kommer att bli lägre än den maximala aktuella evapotranspirationen. Vid vilken nivå av vattenmagasinet påverkan av aktuell evapotranspiration börjar bestäms av grödan, storleken av aktuell evapotranspiration samt av jordarten.

$K_s$  är relaterat till den avdunstningen som sker från våta ytor omedelbart efter ett regn eller en bevattning.

$K_{cb}$ -värdena som använts i denna rapport är hämtade från Doorenbos & Kassam (1977).  $K_{cb}$ -värdena redovisas i tabell 12.

**Tabell 12.** Avdunstningsfaktor ( $K_{cb}$ ) under sommar- och vintersäsong för olika utvecklingsstadier på ingående försöksplatser (Doorenbos & Kassam, 1977)

Säsong/ Gård	Avdunstningsfaktor $K_{cb}$ i olika utvecklingsstadier <sup>1)</sup>						
	1 <sup>2)</sup>	1	2	3	4	3 <sup>3)</sup>	4
<u>Sommarsäsong</u>							
Hichria 1		0,3	0,7	1,0	0,9		
Hichria 2		0,4	0,7	0,95	0,8		
Sagdaguia 1		0,4	0,7	1,0	0,8		
Sagdaguia 2		0,4	0,7	1,0	0,8		
<u>Vintersäsong</u>							
Hichria 1	0,3	0,4	0,7	1,0	0,7	1,0	0,65
Hichria 3	0,3	0,4	0,7	1,0	0,7	1,0	0,6
Hichria 4	0,3	0,4	0,65	0,95	0,9	0,85	
Sagdaguia 2	0,3	0,4	0,7	1,0	0,7	1,0	0,6
Sagdaguia 3	0,3	0,4	0,7	1,0	0,65		

<sup>1)</sup> De olika utvecklingsstadierna 1 - 4 är enl. Doorenbos & Pruitt (1977) följande:

1. Begynnelsestadier. Från uppkomst tills växterna täcker 10 % av markytan.
2. Tillväxtstadier. Från slutet av första stadiet tills växterna täcker 70 - 80 % av markytan.
3. Växstsäsongens mittstadier. Från 70 - 80 % marktäckning till mognadens början.
4. Slutstadier. Från mognadens början till full mognad och skörd.

<sup>2)</sup> Det första utvecklingsstadiet har förkortats i Hichria 1, Sagdaguia 1 och Sagdaguia 2 under sommarsäsongen eftersom grödan inte är direktsådd utan man har planterat ut färdiga plantor.

<sup>3)</sup> Under vintersäsongen skördar man grönmassan av korn och havre innan man låter grödan gå i ax. Därför upprepas av utvecklingsstadierna 3 och 4 för gårdarna Hichria 1, Hichria 3, Hichria 4 och Sagdaguia 2 under vintersäsongen.

Längden på de olika utvecklingsstadierna för bönor, spannmål, tomat och vattenmelon redovisas i tabell 13 efter Doorenbos & Pruitt (1977). Utvecklingsstadiernas längd har antagits vara identiska för tobak och tomat.

**Tabell 13.** Längden i dagar för gröders utvecklingsstadier (Doorenbos & Pruitt, 1977)

Gröda	Utvecklingsstadium (dagar)			
	1	2	3	4
Bönor	20	30	30	10
Spannmål	20	25	60	30
Tomat	30	40	45	30
Vattenmelon	25	35	40	20

$K_a$ -faktorn definieras enligt ekvation efter "USDA scheduling model", (Erpenbeck, 1982):

$$K_a = \frac{\ln(I/H)+1}{\ln 101} \quad \text{där} \quad \begin{array}{l} I = \text{mängd växttillgängligt vatten föregående dag} \\ H = \text{maximal mängd växttillgängligt vatten} \end{array}$$

$K_a$  varierar mellan 0 och 1 beroende på markvattenmagasinets storlek.  $K_a$  är 0 vid vissningsgränsen och 1 vid fältkapacitet.

$K_s$ -faktorn definieras enligt ekvation efter Jensen et al, (1971) på följande sätt:

$$\begin{array}{ll} \text{om } K_{cb} \cdot K_a < k_1 & \text{då är } K_s = (k_1 - K_{cb} \cdot K_a) \cdot k_2 \\ \text{om } K_{cb} \cdot K_a > k_1 & \text{då är } K_s = 0 \end{array}$$

där  $k_1$  och  $k_2$  är två empiriska parametrar. Koefficienten  $k_1$  är beroende av odlad gröda och koefficienten  $k_2$  är beroende av hur många dagar som gått efter regn eller bevattning.  $k_1$  har ett värde av 0,9 för referensgrödan lusern och ett värde av 1,09 om referensgrödan är en *Gramineae*.  $k_2$ -värden redovisas i tabell 14.

**Tabell 14.** Storleken på koefficienten  $k_2$  beroende på antalet dagar som förflutit efter regn eller bevattning

Dagar efter regn eller bevattning	$k_2$
0	1,0
1	0,8
2	0,5
3	0,3
4	0

### *Rotdjup*

Bestämning av rotdjupet är nödvändigt eftersom man vill veta hur stor del av markvolymen som växterna kan utnyttja för sin vattenförsörjning. Det effektiva rotdjupet kan variera mycket mellan olika jordar och även inom jordarter genom fysiska rotspärrar. Rotdjupet kan också begränsas av kemiska spärrar såsom hög salthalt.

Enligt Doorenbos & Pruitt, (1977), kan det maximala rotdjupet för tomat variera mellan 0,7 - 1,5 m, för tobak mellan 0,5 - 1,0 m, för melon mellan 1,0 - 1,5 m, för spannmål mellan 1,0 - 1,5 m och för bönor mellan 0,5 - 0,7 m.

Rotdjupet har blivit felaktigt uppmätt under sommarsäsongen. Vid beräkning av vattenbudget har därför använts värden på effektivt rotdjup efter Doorenbos & Pruitt, (1977).

### *Neutronsondsmätningar*

Syftet med att använda neutronsonden för regelbundna mätningar under studien var att erhålla följande information:

- \* totala vattenförrådet i marken
- \* fördelningen av tillfört vatten vid bevattning i fåran, bassängen eller parcellen
- \* variation av vattenhalten i djupled

### *Markens vattenhalt*

Vid växtsäsongens början togs jordprover ut på varje gård som ingick i studien. Jordproverna analyserades på CRDAs laboratorium i Sidi Bouzid. Proverna vägdes före och efter torkning och vattenhaltsberäkningen gjordes enligt följande:

$$\text{Vattenhalt i viktprocent} = \frac{\text{Vikt vatten} \cdot 100}{\text{vikt torr jord}}$$

$$\text{Vattenhalt i volymprocent} = \text{vattenhalt i viktprocent} \cdot \text{torr skrymdensitet}$$

Jordprover för bestämning av skrymdensitet togs ut i 10 cm höga cylindrar, med diametern 7,2 cm. Tre upprepningar gjordes för varje horisont.

Vid beräkning av vattenbudgeten har vatteninnehållet i marken tillåtits överstiga fältkapaciteten med 5 mm. Allt vatten som har tillförts marken i form av bevattning eller nederbörd som har överskridit fältkapaciteten med 5 mm har betraktats som perkolationsförluster.

Den undre gränsen av vatteninnehållet i marken vid beräkning av vattenbudgeten har satts till när allt växttillgängligt vatten i marken har förbrukats, den s k vissningsgränsen. När vatteninnehållet i marken sjunker under denna nivå utsätts växterna för stor vattenstress.



## RESULTAT SOMMARSÄSONGEN

Resultatet från mätningarna av avdunstning, nederbörd, bevattning, rotdjup och fältkapacitet har sammanställts i en vattenbudget. En vattenbudget har gjorts för varje fåra, bassäng och parcell som har ingått i studien. En teoretisk vattenbudget har beräknats till varje gård som ingick i studien.

### Nederbörd

En större nederbördsmängd än medelnederbörden (efter mätdata från klimatstationen på Lycée agricole, Sidi Bouzid) under mars och april har resulterat i ett överskott av vatten på samtliga gårdar, se tabell 15 och 16. Det har bl a medfört svårigheter vid anpassning av bevattningstidpunkter och bevattningsmängder. På några gårdar har man vattnat för lite och på andra har man vattnat för mycket. I tabell 15 redovisas även potentiell evapotranspiration ( $ET_0$ ) samt skattad aktuell evapotranspiration (ET) under mätperioden.

**Tabell 15.** Sammanlagd nederbörd, potentiell evapotranspiration ( $ET_0$ ) och aktuell evapotranspiration (ET) mätt i mm samt mätperiodens längd

Gård	Total nederbörd	Potentiell $ET_0$	Aktuell ET	Mätperiodens längd (dygn)
Hichria 1	107	904	776	123
Hichria 2	109	811	669	106
Sagdaguia 1	123	635	538	99
Sagdaguia 2	132	710	597	122

**Tabell 16.** Nederbörd under april, maj och juni 1990, uppmätt på försöksplatserna samt månadsmedelnederbörd från klimatstationen på Lycée agricole, Sidi Bouzid, för april, maj och juni

mån	nederbörd 1990 (mm)	mån.medel nederbörd (mm)
april	64	22
maj	47	21
juni	0	10

### Bevattningar

Antalet bevattningar under säsongen har varierat mellan 5 och 12 stycken. Medelgivan har legat på mellan 32 och 45 mm. Bevattningsgivor på över 80 mm har uppmätts på Hichria 1 och Sagdaguia 1. Samtliga resultat redovisas i tabell 17.

Kvoten för den totala mängden tillfört vatten vid bevattning mellan den minst bevattnade fåran eller bassängen och den mest bevattnade fåran eller bassängen var 0,83 för Hichria 1, 0,71 för Sagdaguia 1 och 0,72 för Sagdaguia 2.

**Tabell 17.** Redovisning av medelbevattning, högsta och lägsta bevattningsgiva, bevattningsgiva i liter per planta samt antal bevattningar under säsongen och totala bevattningsmängd

Gård/ Bevattningsdata	Fåra 1/ Bassäng 1	Fåra 2/ Bassäng 2	Fåra 3/ Bassäng 3	Fåra 4/ Bassäng 4	Medel- värde
<u>Hichria 1</u>					
Medel bevattningsgiva (mm)	51	44	42	43	45
Största bevattningsgiva (mm)	97	60	59	69	70
Lägsta bevattningsgiva (mm)	24	29	28	25	26
Total bevattningsmängd (mm)	355	309	294	301	315
Bevattning (l/planta)	112	95	121	103	107
Antal bevattningar	7	7	7	7	7
Total bevattningsmängd (m <sup>3</sup> /ha)	3550	3090	2940	3010	3150
<u>Hichria 2</u>					
Medel bevattningsgiva (mm)					40
Största bevattningsgiva (mm)					44
Lägsta bevattningsgiva (mm)					31
Total bevattningsmängd (mm)					401
Bevattning (l/planta)					
Antal bevattningar					15
Total bevattningsmängd (m <sup>3</sup> /ha)					4010
<u>Sagdaguia 1</u>					
Medel bevattningsgiva (mm)	37	32	33	26	32
Största bevattningsgiva (mm)	81	69	69	45	66
Lägsta bevattningsgiva (mm)	17	16	16	15	16
Total bevattningsmängd (mm)	367	323	328	261	320
Bevattning (l/planta)	93	87	82	67	83
Antal bevattningar	10	10	10	10	10
Total bevattningsmängd (m <sup>3</sup> /ha)	3670	3230	3280	2610	3200
<u>Sagdaguia 2</u>					
Medel bevattningsgiva (mm)	37	31	37	43	37
Största bevattningsgiva (mm)	51	42	57	73	56
Lägsta bevattningsgiva (mm)	27	18	26	21	23
Total bevattningsmängd (mm)	455	371	442	513	445
Bevattning (l/planta)	92	93	98	113	99
Antal bevattningar	12	12	12	12	12
Total bevattningsmängd (m <sup>3</sup> /ha)	4550	3710	4420	5130	4450

Det är viktigt att påpeka att mätningarna av bevattningsgivan har utförts på fyra fåror respektive fyra bassänger på den totala arealen av gården. Vid ett utökat antal mätpunkter kan man förvänta sig en större variationsvidd av den totala mängden tillfört vatten.

I insamlade mätuppgifter över bevattningsgivor finns en mycket stor variationsvidd mellan bevattningsgivornas storlek. Med insamlade uppgifter som grund går det inte att uttala sig om hur vattenfördelningen i marken har varit inom den enskilda fåran respektive bassängen. Man har t ex på Hichria 1 noterat större plantor i början av fårorna än i slutet. Detta beror troligen på högre vattengiva i början av fårorna. På Sagdaguia 1 har vattenfördelningen i marken varit mycket ojämn. Fårorna har gått sönder och vid ett inlopp har man vattnat tre till fem fåror samtidigt. I bassängerna på Sagdaguia 2 har inga entydiga observationer gjorts som tyder på ojämn vattenfördelning i marken. Möjligen har grödan vid inloppet och vid mitten av bassängerna fått en högre vattengiva än vid kanterna.

Sammanlagda antalet bevattningsgivor samt bevattningsmängd under säsongen beräknade enligt de teoretiska vattenbudgeterna redovisas i tabell 18. Bevattningsgivan har satts till 40 mm, med undantag av Hichria 2 som spridarbevattnats. Bevattningsgivan för Hichria 2 har satts till 30 mm.

**Tabell 18.** Antal bevattningsgivor, bevattningsmängd i mm, m<sup>3</sup> samt liter/planta under säsongen beräknade efter teoretisk vattenbudget

Gård	Antal bev.	Bev.mängd (mm)	Bev.mängd (m <sup>3</sup> /ha)	Bev.mängd (liter/planta)
Hichria 1	16	640	6400	217
Hichria 2	22	660	6600	—
Sagdaguia 1	10	400	4000	103
Sagdaguia 2	11	440	4400	98

### Rotdjup

Det maximala rotdjupet har satts till 70 cm på Hichria 1 och Sagdaguia 2. På Hichria 2 och Sagdaguia 1 har ett maximalt rotdjup på 80 cm använts. De maximala rotdjupen har tagits efter Doorenbos & Pruitt, 1977.

### Vatteninnehåll i marken

På de flesta av gårdarna har sommarsäsongen startats med fyllda vattenmagasin i marken p g a den rikliga nederbörden under föregående vinter. I tabell 19 redovisas fältkapaciteten, vissningsgränsen, mängden växttillgängligt vatten i marken samt vatteninnehållet i marken vid säsongens början.

**Tabell 19.** Fältkapacitet, vissningsgräns och mängden växttillgängligt vatten i marken samt mängd vatten i marken vid säsongstart

Gård	Markskikt (cm)	Fält- kapacitet (mm)	Vissnings- gräns (mm)	Mängd växt- tillgängligt vatten (mm)	Mängd vatten i marken vid säsongstart (mm)
Hichria 1	0-70	221	100	121	161
Hichria 2	0-80	219	55	164	219
Sagdaguia 1	0-80	261	112	149	232
Sagdaguia 2	0-70	200	66	134	184

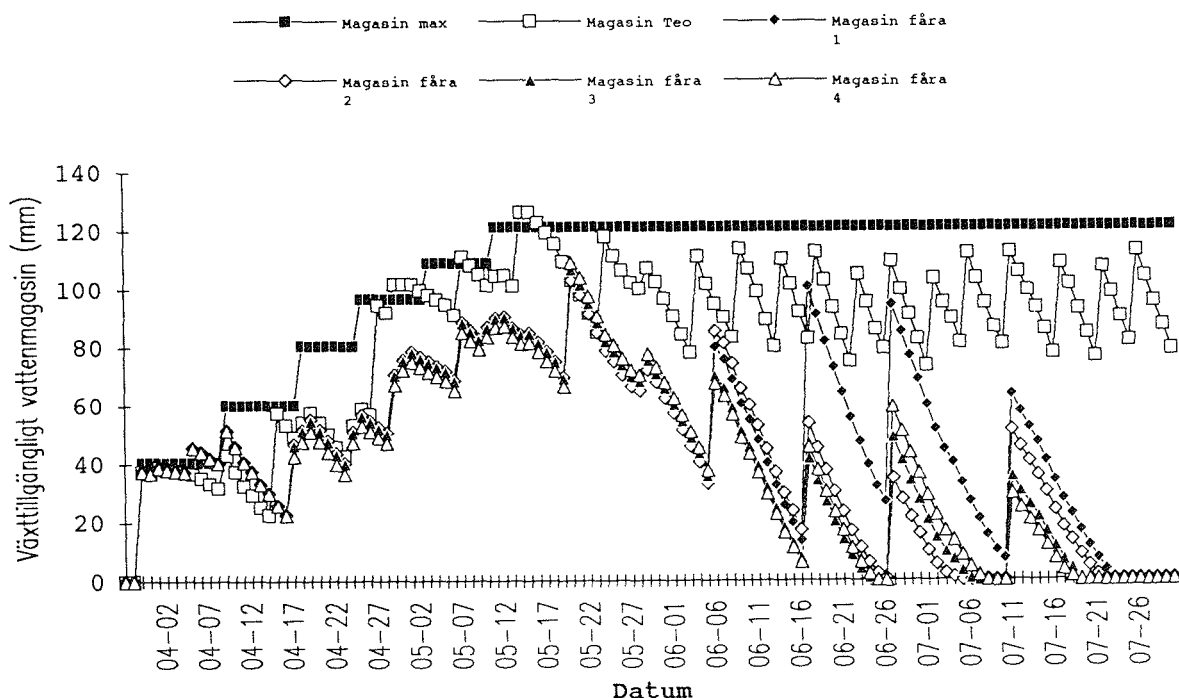
## Vattenbudget

De aktuella vattenbudgetarna, en för varje fåra, bassäng resp försöksyta, samt en teoretisk vattenbudget för varje gård, redovisas i figurerna 15 till 18. I figurerna kan man förutom daglig aktuell och teoretisk vatteninnehåll i marken även utläsa det maximala växttillgängliga vattenmagasinet i marken.

### Aktuell vattenbudget

#### Hichria 1

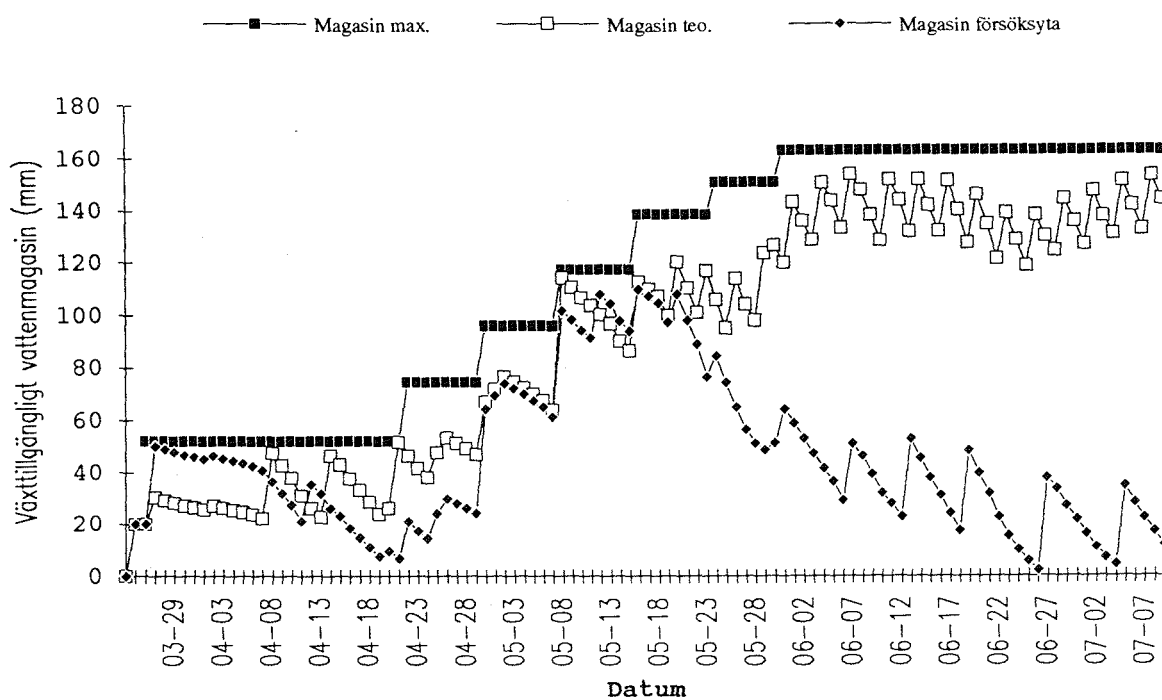
I början av säsongen var vatteninnehållet i marken nära fältkapacitet vid samtliga fåror. De två första veckorna i april sjönk vattenhalten i marken ned till ca 30 % av växttillgängligt vattenmagasin. I slutet av april och början på maj ökar vattenhalten igen genom bevattning och en riklig nederbörd till ca 70 % av det växttillgängliga markvattenmagasinet. Under juni sker en uttorkning ned till vissningsgränsen och under resten av säsongen har påfyllning genom bevattning skett endast till 50 % av det totala växttillgängliga markvattenmagasinet. Ett undantag är fåra 1 som har bevattnats upp till 80 % (figur 15).



**Figur 15.** Vattenbudget för fyra fåror på Hichria 1 under perioden 30 mars till 30 juli 1990.

## Hichria 2

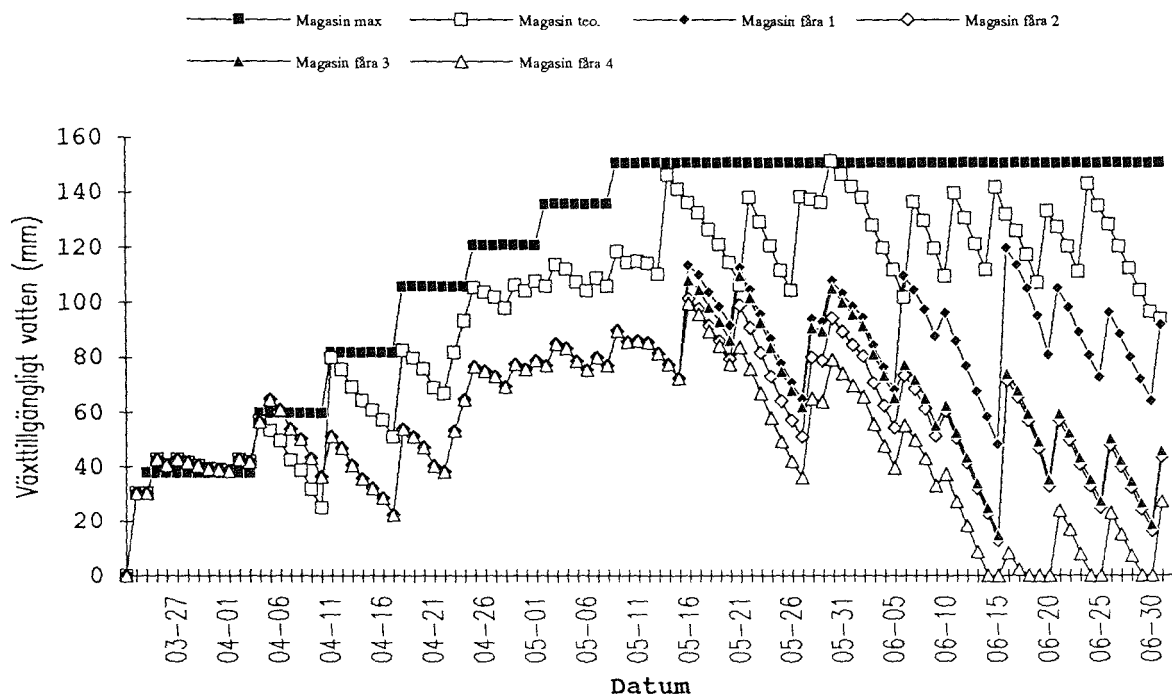
Gården skiljer sig ifrån de övriga gårdarna genom att man inte har bevattnat hela fältet från säsongens början. Från säsongstart till den 6 juni bevattnades varje planta med hinkar, ca 5 l per planta. Bevattningen har skett efter behov, enligt bonden en gång per vecka om det inte har regnat. Antal bevattningstillfällen fram till den 6 juni har uppskattats till tio stycken med en giva på 20 mm per bevattningstillfälle. Den 6 juni började man att spridarbevattna. Vattentillgången i marken har varit god fram till mitten av maj. Under slutet av säsongen har tillskott av vatten genom bevattning fyllt det växttillgängliga markvattenmagasinet till ca 30 % och vatteninnehållet i marken har sjunkit ned till vissningsgränsen (figur 16).



Figur 16. Vattenbudget för försöksytan i Hichria 2 under perioden 25 mars till 8 juli.

### Sagdaguia 1

Som på de övriga gårdarna fanns ett vattenöverskott orsakat av regn i början av säsongen. Från mitten av april fram till det andra bevattningstillfället i mitten av maj hölls vattenhalten vid mellan 60 och 70 % av det växttillgängliga markvattenmagasinet med hjälp av nederbörden. Under slutet av maj och början av juni varierade markvattenmagasinet mellan 25 % och 75 % av vattenhalten vid fältkapacitet. Under slutet av säsongen kan noteras en allt större skillnad mellan de studerade fyra fårorna. Vattenhalten minskade ned till vissningsgränsen. Ingen bevattning har fyllt markvattenmagasinet till fältkapacitet (figur 17).

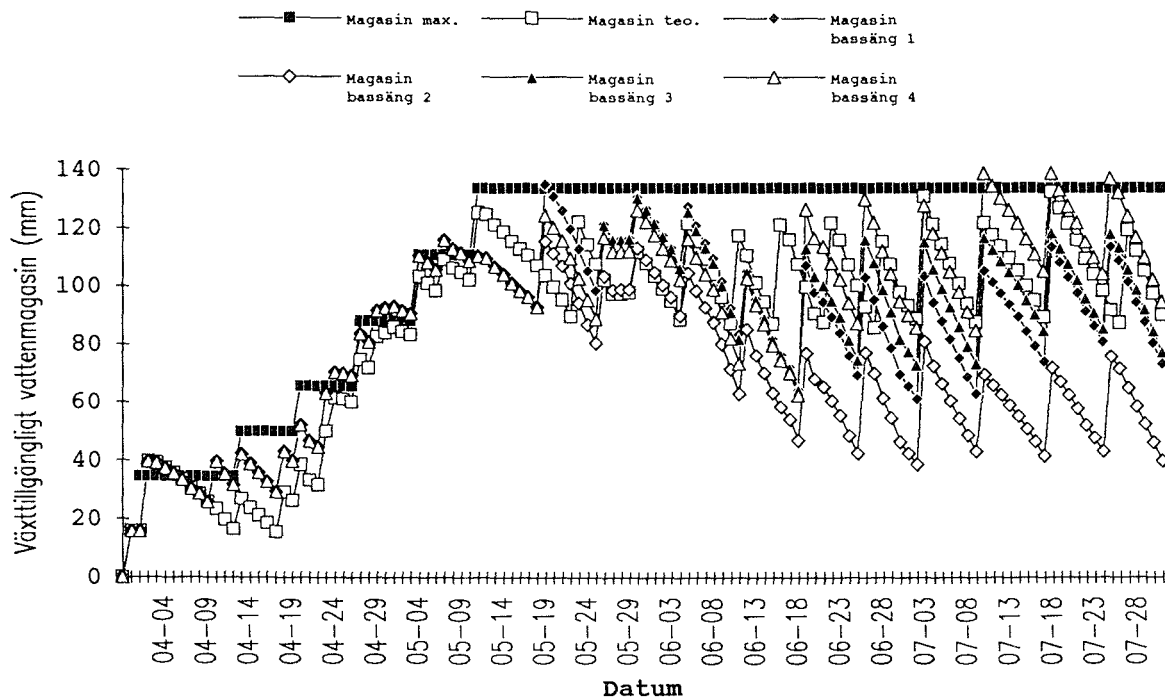


**Figur 17.** Vattenbudget för fyra fåror på Sagdaguia 1 under perioden 24 mars till 1 juli 1990.

### Sagdaguia 2

Sagdaguia 2 uppvisar största totala bevattningsmängden under sommarsäsongen. Vattenhalten i marken låg från säsongens början till första veckan i juni vid fältkapacitet. Under resten av maj fram till första veckan i juni låg vattenhalten i marken mellan fältkapacitet och ca 60 % av det växttillgängliga markvattenmagasinet. Från början av juni till säsongens slut har skillnaden på vattenhalten i marken ökat för de olika fårorna. Tre fåror har vattnats upp till fältkapacitet medan en fåra har legat på ett vattenunderskott på mellan 30 och 55 % av det växttillgängliga markvattenmagasinet (figur 18).





**Figur 18.** Vattenbudget för fyra bassänger på Sagdaguia 2 under perioden 1 april till 31 juli 1990

I allmänhet kan man säga att alla gårdar har haft en period av regn i början av säsongen som har medfört att vattenhalten i marken har hållits vid fältkapacitet. Efterkommande period fram till skörd har dominerats av ett vattenunderskott, då växterna har utsatts för vattenstress av varierande grad. Störst har underskottet varit på Hichria 2 och lägst på Sagdaguia 2.

#### Teoretisk vattenbudget

De största skillnaderna mellan den teoretiskt beräknade och den aktuella vattenbudgeten var skillnader i antalet bevattningstillfällen samt i säsongens sammanlagda bevattningsmängd.

För Hichria 1 var antalet beräknade bevattningstillfällen mer än dubbelt så många som de utförda, 16 mot 7. Den teoretiskt beräknade bevattningsmängden var 640 mm dubbelt så stor som den givna mängden, 315 mm.

För Hichria 2 var antalet beräknade bevattningstillfällen 22 stycken, ca 30 % fler, än de 15 utförda bevattningarna. Den teoretiskt beräknade bevattningsmängden var 660 mm och den givna mängden 401 mm.

För Sagdaguia 1 var antalet beräknade bevattningstillfällen 10 stycken, lika många som antalet utförda bevattningar. Den teoretiskt beräknade bevattningsmängden 400 mm var något högre än den givna mängden 320 mm.

För Sagdaguia 2 var antalet beräknade bevattningstillfällen 11 mot 12 utförda bevattningar. Den teoretiskt beräknade bevattningsmängden var samma som den givna mängden, 440 mm mot 445 mm.

För Sagdagua 2 överensstämmer den sammanlagda bevattningsmängden under säsongen med den teoretiskt beräknade mängden. Trots detta har plantorna lidit av vattenstress.

### Konduktivitet i mark och vatten

Mätningar av konduktiviteten i bevattningsvattnet har gjorts i början av växtsäsongen. Mätningarna av konduktiviteten i marken har gjorts en gång i början av säsongen och en gång i slutet av säsongen.

Resultaten visar att konduktiviteten i marken var hög i Hichria 1, Sagdagua 1 och Sagdagua 2, enligt FAOs rekommendationer för odlade grödor (tabell 1). I Hichria 2 var konduktiviteten i marken måttlig. Konduktiviteten i bevattningsvattnet var för hög för odlad gröda vid samtliga undersökta gårdar. Konduktiviteten varierar under säsongen och mellan gårdarna, se tabell 20.

**Tabell 20.** Konduktiviteten i marken (ECe) i markskiktet 0 - 100 cm på prover uttagna i början och i slutet av säsongen. Konduktiviteten i bevattningsvattnet (ECw) på prover uttagna i början av säsongen

Gård/ Nivå (cm)	Konduktivitet i marken vid säsongens		Konduktivitet i vattnet (mmhos/cm)
	början (mmhos/cm)	slut (mmhos/cm)	
<u>Sagdagua 1</u>			2,45
0- 20	1,98	2,65	
20- 40	3,27	2,92	
40- 60	6,94	6,80	
60- 80	6,44	5,02	
80-100	6,32	4,00	
<u>Sagdagua 2</u>			1,9
0- 20	3,87	4,79	
20- 40	5,98	5,25	
40- 60	4,80	4,24	
60- 80	5,53	6,14	
80-100	3,87	5,30	
<u>Hichria 1</u>			6,90
0- 20	3,90	3,85	
20- 40	4,17	4,32	
40- 60	7,23	4,86	
60- 80	6,84	4,42	
80-100	8,12	4,00	
<u>Hichria 2</u>			2,45
0- 20	1,94	2,31	
20- 40	1,43	1,94	
40- 60	1,31	1,98	
60- 80	1,22	2,19	
80-100	1,55	2,07	

Det är svårt att se något direkt samband mellan saltinnehållet i vattnet och saltinnehållet i marken. Hichria 1 hade ett högt saltinnehåll både i bevattningsvattnet och i marken. Sagdaguia 2 hade ett lågt saltinnehåll i bevattningsvattnet och ett relativt högt saltinnehåll i marken. Hichria 2 och Sagdaguia 1 hade lika hög konduktivitet i bevattningsvattnet medan konduktiviteten var hälften så hög i marken i Hichria 2 som i Sagdaguia 1.

## Utlakning

I tabell 21 redovisas utlakningsbehovet för en utlakningskvot som motsvarar en bibehållen skörd, dvs utan skördeföruster orsakade av hög konduktivitet i marken. Om man accepterar ett visst skördebortfall så sänks utlakningskvoten (LR) och därmed också bevattningsmängden.

**Tabell 21.** Utlakningskvoten (LR)<sup>1)</sup>, bevattningsbehovet (Aw)<sup>1)</sup>, teoretisk bevattning plus nederbörd, teoretiskt bevattningsunderskott, utförd bevattning plus nederbörd och aktuellt bevattningsunderskott

Gård	LR	Aw	Teoretisk bevattn.+ nederb.	Differens Aw-(teor. bevattn. +nederbörd)	Utförd bevattn.+ nederb.	Differens Aw-(utförd bevattning+ nederbörd)
Hichria 1	0,25	927	747	180	422	505
Hichria 2	0,24	772	769	3	510	262
Sagdaguia 1	0,24	585	523	62	443	142
Sagdaguia 2	0,18	596	572	24	577	19

1) jämför formel på sid 11

Av tabellen framgår att det aktuella bevattningsunderskottet för Hichria 1 är nästan lika stort som den mängd vatten som har använts till bevattning inklusive nederbörden. För Hichria 2 är bevattningsunderskottet nästan hälften av använd vattenmängd. För Sagdaguia 1 är bevattningsunderskottet ca 30 % av använd vattenmängd och för Sagdaguia 2 ca 3 %.

I den teoretiskt beräknade vattenbudgeten har man inte räknat med utlakningsbehovet. Detta för att man lättare ska kunna jämföra den teoretiska budgeten med den aktuella. Det teoretiska utlakningsbehovet är i genomsnitt 10 % av den beräknade mängd vatten som har använts för bevattning plus nederbörden.

## RESULTAT VINTERSÄSONGEN

Resultatet från mätningarna av avdunstning, nederbörd, bevattning, rotdjup, fältkapacitet och vatteninnehåll vid vissningsgränsen har sammanställts i en vattenbudget. En vattenbudget har gjorts för varje fåra, bassäng och parcell som har ingått i studien. Resultaten redovisas i figurerna 19 - 23.

## Nederbörd

År 1990 var nederbördsmängden något större än årsmedelnederbörden. Nederbörden har varit fördelad över hela odlingssäsongen, se tabell 23. Nederbördsintensiteten (mm/dygn) har varit över 30 mm vid ett tillfälle i slutet av säsongen. Sammanlagd nederbörd, potentiell evapotranspiration samt skattad aktuell evapotranspiration redovisas i tabell 22.

**Tabell 22.** Sammanlagd nederbörd, potentiell evapotranspiration (ET<sub>o</sub>), aktuell evapotranspiration (ET) mätt i mm samt mätperiodens längd

Gård	Total nederbörd	Potentiell ET <sub>o</sub>	Aktuell ET	Mätperiodens längd (dygn)
Hichria 1	213	707	504	163
Hichria 3	221	630	449	166
Hichria 4	202	552	424	140
Sagdaguia 2	174	553	420	155
Sagdaguia 3	167	467	370	130

**Tabell 23.** Nederbörd för vintersäsongen 90/91 per månad, uppmätt på försöksplatserna samt månadsmedelnederbörd (klimatstationen på Lycée Agricole)

Månad	Nederbörd 1990-1991 (mm)	Månadsmedelnederbörd (mm)
November	26	26
December	44	22
Januari	32	17
Februari	31	20
Mars	88	30

## Bevattnings

Antalet bevattningstillfällen under säsongen har varierat mellan 2 och 6 stycken. Bevattningsgivan i medeltal för varje gård har legat på mellan 34 och 86 mm. Bevattningsgivor på 230 mm har uppmätts på Hichria 3 och bevattningsgivor över 60 mm har uppmätts på samtliga gårdar. Resultaten redovisas i tabell 24.

Kvoten för den totala mängden tillfört vatten vid bevattning mellan den minst bevattnade fåran eller bassängen och den mest bevattnade fåran eller bassängen var 0,74 för Hichria 1, 0,78 för Hichria 2 och 0,91 för Hichria 3. Sagdaguia 1 hade en kvot på 0,53 och Sagdaguia 2 hade 0,31.

**Tabell 24.** Medelbevattning, högsta och lägsta bevattningsgiva samt antal bevattningar och totala bevattningsmängder under säsongen

Gård/ Bevattningsdata	Fåra 1/ Bassäng 1	Fåra 2/ Bassäng 2	Fåra 3/ Bassäng 3	Medel- värde
<u>Hichria 1</u>				
Medel bevattningsgiva (mm)	54	43	58	52
Största bevattningsgiva (mm)	68	56	82	69
Lägsta bevattningsgiva (mm)	47	36	42	42
Total bevattningsmängd (mm)	218	171	233	207
Bevattning (l/planta)	1,2	0,8	1,4	1,1
Antal bevattningar	4	4	4	4
Total bevattningsmängd (m <sup>3</sup> /ha)	2180	1710	2330	2070
<u>Hichria 3</u>				
Medel bevattningsgiva (mm)	68	53	58	60
Största bevattningsgiva (mm)	85	78	79	81
Lägsta bevattningsgiva (mm)	59	26	44	43
Total bevattningsmängd (mm)	205	160	173	179
Bevattning (l/planta)	0,8	0,5	0,4	0,6
Antal bevattningar	3	3	3	3
Total bevattningsmängd (m <sup>3</sup> /ha)	2050	1600	1730	1790
<u>Hichria 4</u>				
Medel bevattningsgiva (mm)	85	82	90	86
Största bevattningsgiva (mm)	141	171	230	181
Lägsta bevattningsgiva (mm)	44	29	30	34
Total bevattningsmängd (mm)	422	410	451	428
Bevattning (l/planta)	3,2	3,0	4,5	3,6
Antal bevattningar	5	5	5	5
Total bevattningsmängd (m <sup>3</sup> /ha)	4220	4100	4510	4280
<u>Sagdaguia 2</u>				
Medel bevattningsgiva (mm)	62	65	53	60
Största bevattningsgiva (mm)	75	80	63	73
Lägsta bevattningsgiva (mm)	43	48	42	44
Total bevattningsmängd (mm)	185	195	105	162
Bevattning (l/planta)	2,0	1,4	1,1	1,5
Antal bevattningar	3	3	2	2,7
Total bevattningsmängd (m <sup>3</sup> /ha)	1850	1950	1050	1620
<u>Sagdaguia 3</u>				
Medel bevattningsgiva (mm)	30	54	17	34
Största bevattningsgiva (mm)	41	65	19	42
Lägsta bevattningsgiva (mm)	20	37	15	24
Total bevattningsmängd (mm)	168	322	101	197
Bevattning (l/planta)	0,3	0,8	0,4	0,5
Antal bevattningar	6	6	6	6
Total bevattningsmängd (m <sup>3</sup> /ha)	1680	3220	1010	1970

Det är viktigt att påpeka att mätningarna av bevattningsgivan har utförts på 3 fåror respektive bassänger på den totala arealen av gården. Vid ett utökat antal mätpunkter kan man förvänta sig en större variationsvidd i den totala mängden tillfört vatten.

Det är en mycket stor variationsvidd mellan bevattningsgivornas storlek. Med insamlade uppgifter som grund går det inte att uttala sig om hur vattenfördelningen i marken har varit inom den enskilda fåran respektive bassängen.

Sammanlagda antalet bevattningsgivor samt bevattningsmängd under säsongen, beräknade enligt de teoretiska vattenbudgeterna, redovisas i tabell 25. Bevattningsgivan har i samtliga fall satts till 40 mm.

**Tabell 25.** Antal bevattningsgivor, bevattningsmängd i mm, m<sup>3</sup> samt liter/planta under säsongen beräknade i en teoretisk vattenbudget

Gård	Antal bev.	Bev.mängd (mm)	Bev.mängd (m <sup>3</sup> /ha)	Bev.mängd (liter/planta)
Hichria 1	8	320	3200	16,8
Hichria 3	6	240	2400	7,1
Hichria 4	6	240	2400	62,0
Sagdaguia 2	7	280	2800	25,4
Sagdaguia 3	6	240	2400	6,2

### Rotdjup

Som maximalt rotdjup har på samtliga gårdar, utom Hichria 4, använts ett rotdjup på 80 cm. På Hichria 4 har ett maximalt rotdjup på 50 cm använts. De maximala rotdjupen har tagits efter Doorenbos & Pruitt, 1977.

### Vatteninnehåll i marken

På alla gårdar utom på Hichria 3 har man börjat vintersäsongen med att bevattna tills vatteninnehållet i marken nått värden nära fältkapaciteten. I tabell 26 redovisas vatteninnehållet i marken vid fältkapacitet och vissningsgräns samt mängden växttillgängligt vatten och vatteninnehållet i marken vid säsongens början.

**Tabell 26.** Fältkapacitet, vissningsgräns, mängd växttillgängligt vatten i marken och vatteninnehåll i marken vid säsongens början

Gård	Markskikt (cm)	Fält- kapacitet (mm)	Vissnings- gräns (mm)	Mängd växt- tillgängligt vatten (mm)	Mängd vatten i marken vid säsongstart (mm)
Hichria 1	0-80	244	102	142	153
Hichria 3	0-80	128	40	88	104
Hichria 4	0-50	120	38	82	101
Sagdaguia 2	0-80	233	76	157	141
Sagdaguia 3	0-80	281	198	83	281

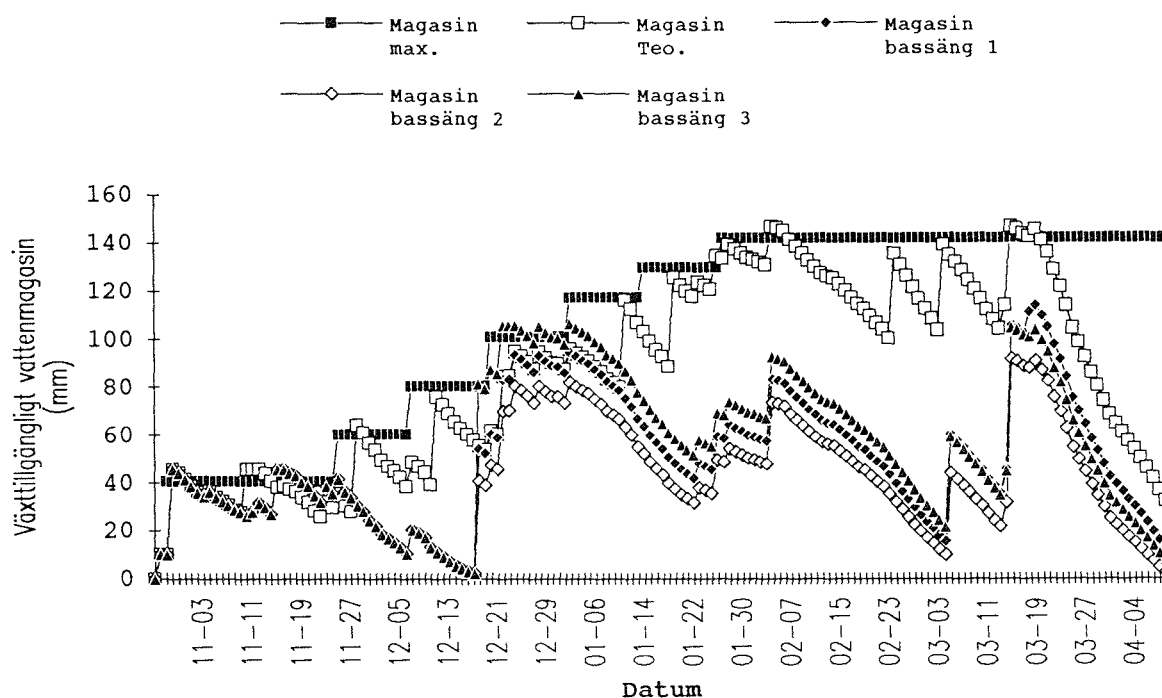
## Vattenbudget

De aktuella vattenbudgetarna en för varje fåra resp. bassäng samt en teoretisk vattenbudget för varje gård redovisas i figurerna 19 till 23. Figurerna visar daglig aktuell och teoretisk vatteninnehåll i marken samt vatteninnehållet i marken vid fältkapacitet.

### Aktuell vattenbudget

#### *Hichria 1*

I början av säsongen bevattnades bassängerna med en relativt stor giva, i medeltal 64 mm, som fyllde markens vattenmagasin. I december sjönk vattenhalten ned till vissningsgränsen. Vattentillskott genom bevattning och nederbörd fyllde vattenmagasinet i marken till fältkapacitet under slutet av december. Under februari sjönk vattenhalten återigen ned till vissningsgränsen. Bevattning och nederbörd höjde vattenhalten till ca 70 % av växttillgängligt markvattenmagasinet under mars månad, se figur 19. Fältkapaciteten har överskridits i början av säsongen.

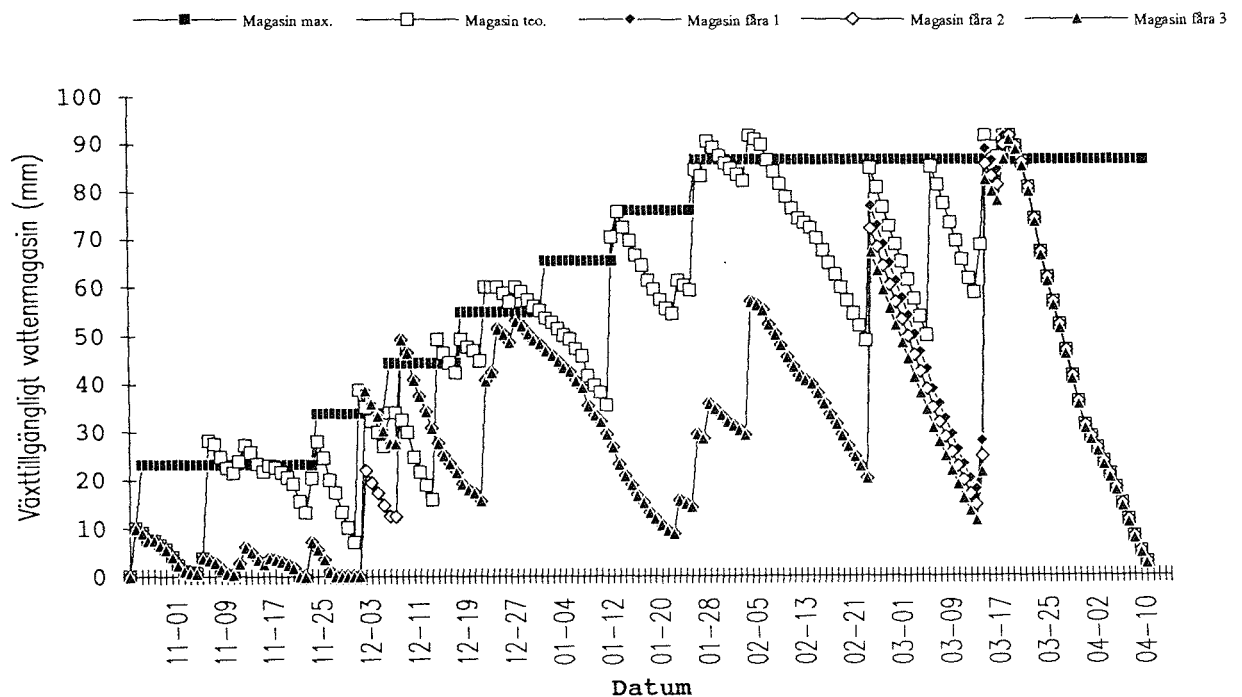


**Figur 19.** Vattenbudget för tre bassänger på Hichria 1 under perioden 28 oktober till den 9 april.



### Hichria 3

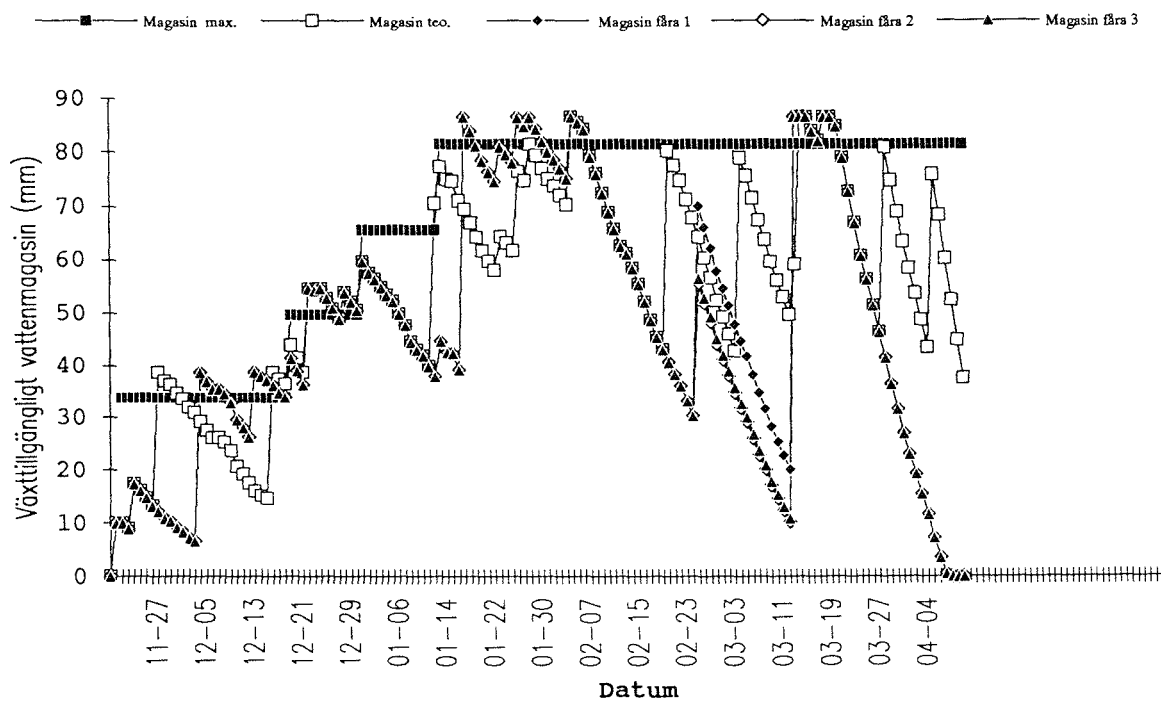
Gården skiljer sig ifrån Hichria 1 genom att bevattning inte har utförts från säsongens början. Vattenhalten i marken har varit låg fram till första bevattningen i början av december. Under december har vattentillgången i marken varit god för att sedan sjunka ned till ca 10 % av det växttillgängliga markvattenmagasinet i slutet av januari. Genom nederbörd och bevattning har vattentillgången varit god under februari. I mars sjönk vattenhalten återigen ned till ca 10 % av det växttillgängliga markvattenmagasinet. I slutet av mars kom 90 mm regn och markvattenmagasinet fylldes till fältkapacitet, se figur 20. Som vid Hichria 1 har fältkapacitet överskridits både genom bevattning och nederbörd.



**Figur 20.** Vattenbudget för tre fåror i Hichria 3 under perioden 26 oktober till 10 april.

#### Hichria 4

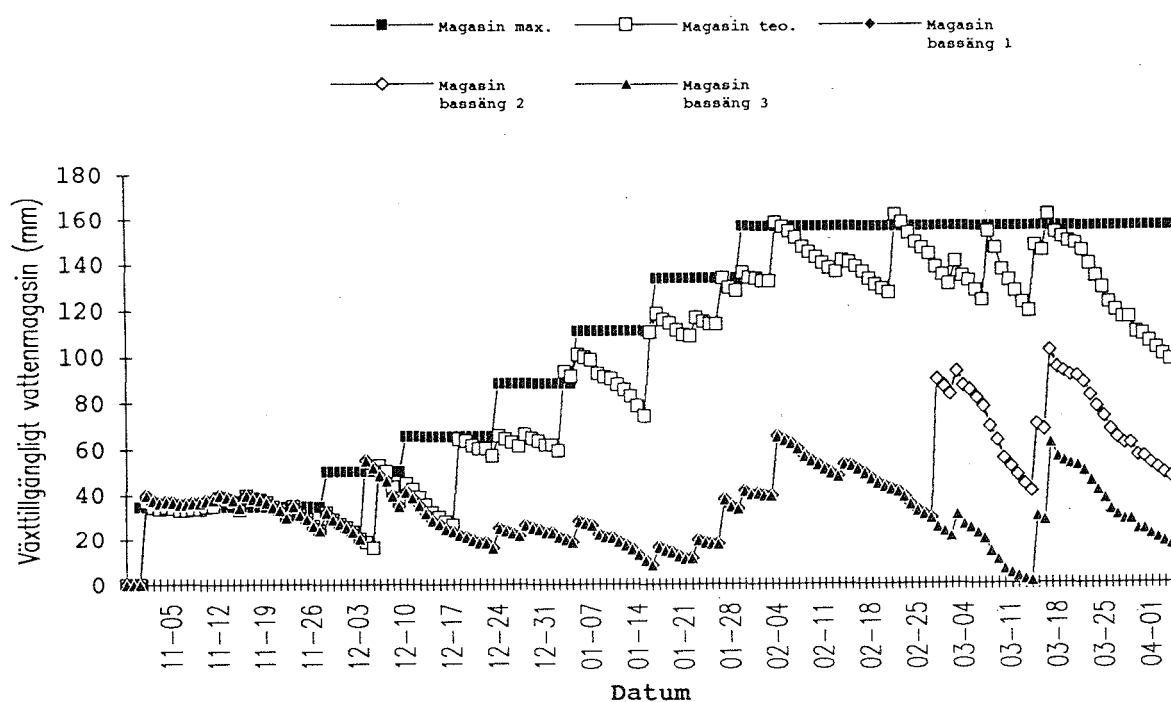
Vid Hichria 4 utfördes den första bevattning vid uppkomst. Vattentillgången för växterna, med undantag för en vecka i mars, har varit mycket god under hela säsongen fram till mognad, se figur 21. Vid flera tillfällen har fältkapaciteten överskridits genom bevattning och nederbörd.



**Figur 21.** Vattenbudget för tre fåror på Hichria 4 under perioden 21 november till den 10 april.

## Sagdaguia 2

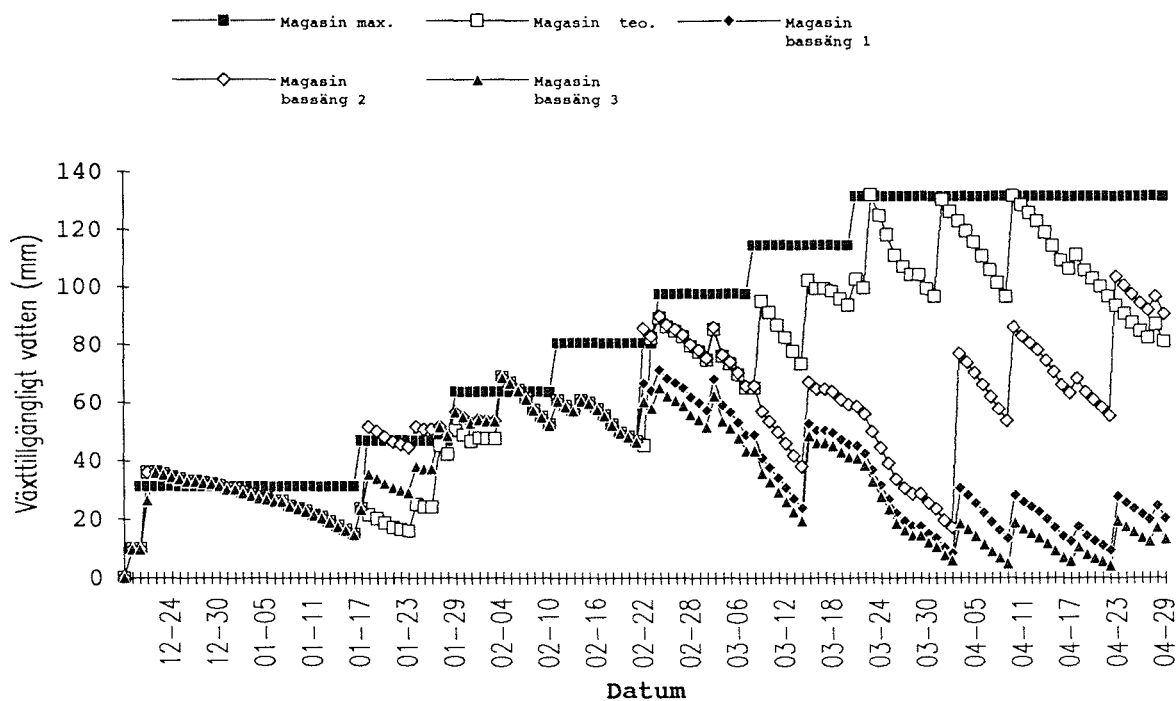
På Sagdaguia 2 började man med att bevattna med en stor giva på 63 mm efter sådd. Vattentillgången var god fram till mitten av januari. I februari utfördes en stor bevattning i bassängerna 1 och 2. Vattenmagasinet för bassängerna 1 och 2 låg mellan ca 35 % och 75 % av fältkapacitet under resten av säsongen. I bassäng 3 sjönk vattenhalten ned till ca 5 % av det växttillgängliga markvattenmagasinet i mitten av mars. Genom bevattning och nederbörd steg vattenhalten upp till ca 40 % av det växttillgängliga markvattenmagasinet, se figur 22. Fältkapaciteten har överskridits i början av mätperioden.



**Figur 22.** Vattenbudget för tre bassänger på Sagdaguia 2 under perioden 31 oktober till den 4 april.

### Sagdaguia 3

I likhet med Sagdaguia 3 började man med en bevattning efter sådd och fyllde markens vattenmagasin till fältkapacitet. Vattentillgången var god fram till mitten av mars. Under återstående delen av säsongen sjönk vattenhalten ned till vissningsgränsen och påfyllning genom bevattning har skett upp till mellan ca 25 - 65 % av det växttillgängliga markvattenmagasinet. Skillnaden i vattenhalten i marken har varit stor mellan de tre bassängerna, se figur 23. Fältkapaciteten har överskridits under säsongen.



**Figur 23.** Vattenbudget för tre bassänger på Sagdaguia 3 under perioden 20 december till den 29 april.

### Teoretisk vattenbudget

De största skillnaderna mellan den teoretiskt beräknade och den aktuella vattenbudgeten var skillnader i antalet bevattningstillfällen samt i sammanlagd bevattningsmängd under säsongen. På samtliga gårdar har det utförts färre antal bevattningar än vad som skulle krävts enligt den teoretiska vattenbudgeten. Fyra av gårdarna hade mindre sammanlagd bevattningsmängd under säsongen än motsvarande beräknad bevattningsmängd. På en gård hade man bevattnat nästan dubbelt så mycket under säsongen än vad som skulle krävts enligt den teoretiska bevattningsmängden.

För Hichria 1 var antalet beräknade bevattningstillfällen åtta mot fyra utförda. Den teoretiska bevattningsmängden var 320 mm och den givna mängden 207 mm.

För Hichria 3 var antalet beräknade bevattningstillfällen sex stycken mot tre utförda. Den teoretiska bevattningsmängden var 240 mm och den givna mängden 179 mm.

För Hichria 4 var antalet beräknade bevattningstillfällen sex stycken mot fem utförda bevattningstillfällen. Den teoretiska bevattningsmängden var 240 mm och den givna mängden 428 mm.

För Sagdagua 2 var antalet beräknade bevattningstillfällen sju stycken mot tre utförda bevattningstillfällen. Den teoretiska bevattningsmängden var 280 mm och den givna mängden 162 mm.

För Sagdagua 3 var antalet beräknade bevattningstillfällen sex stycken, lika många som motsvarande utförda bevattningstillfälle. Den teoretiska bevattningsmängden var 240 mm och den givna mängden 197 mm.

### **Konduktivitet i mark och vatten**

Mätningar av konduktiviteten i marken och av konduktiviteten i bevattningsvattnet har gjorts en gång i början av säsongen, en gång i mitten av säsongen och en gång i slutet av säsongen.

Resultaten visar att konduktiviteten i marken var höga, enligt FAOs rekommendationer för odlade grödor (Ayers et al, 1985), se tabell 1, i Hichria 1 och Sagdagua 2. Halterna var något för höga, i Hichria 3, Hichria 4 och Sagdagua 3. Konduktiviteten i bevattningsvattnet var mycket för hög för odlad gröda i Hichria 4 samt något för hög i Hichria 1 och Hichria 3. I Sagdagua 2 och 3 låg konduktiviteten i bevattningsvattnet under högsta rekommenderade värdet, se tabell 27.

Liksom under sommarsäsongen är det svårt att se något samband mellan konduktiviteten i vattnet och konduktiviteten i marken. Gårdarna i Hichria-området hade överlag mycket hög konduktivitet i vattnet. Konduktiviteten i vattnet på gårdarna i Sagdagua-området var betydligt lägre.

Hichria 1 hade hög konduktivitet både i vattnet och i marken medan Hichria 3 hade hög konduktivitet i vattnet men måttlig konduktivitet i marken. Hichria 4 hade högst konduktivitet i vattnet. Konduktiviteten i marken var trots detta måttlig.

Sagdagua 2 hade de lägsta konduktiviteterna i vattnet av de undersökta gårdarna, men däremot den högsta konduktiviteten i marken, i slutet av säsongen. Sagdagua 3 hade måttlig konduktivitet i vattnet och i marken.

**Tabell 27.** Konduktiviteten i marken ( ECe) för markskiktet 0 - 100 cm. Prover uttagna i början och i slutet av säsongen. Konduktiviteten i bevattningsvattnet (ECw) vid säsongens början, mitt och slut

Gård/ Nivå  (cm)	Konduktivitet i marken vid säsongens			Konduktivitet i vattnet vid säsongens		
	början (mmhos/cm)	mitt (mmhos/cm)	slut (mmhos/cm)	början (mmhos/cm)	mitt (mmhos/cm)	slut (mmhos/cm)
<u>Hichria 1</u>				7,53	8,10	7,75
0- 20	5,31	3,19	3,84			
20- 40	4,59	5,84	4,52			
40- 60	8,09	6,37	5,57			
60- 80	8,58	8,60	8,12			
80-100	8,74	7,78	4,94			
<u>Hichria 3</u>				7,90	8,59	8,17
0- 20	3,67	4,38	2,42			
20- 40	3,69	4,10	3,33			
40- 60	3,89	4,15	4,05			
60- 80	3,59	3,74	3,73			
80-100	3,29	4,07	3,57			
<u>Hichria 4</u>				9,44	10,0	9,95
0- 20	3,44	3,50	4,75			
20- 40	3,08	4,30	4,95			
40- 60	3,96	3,59	4,29			
60- 80	4,02	4,30	4,42			
80-100	3,98	4,08	3,93			
<u>Sagdaguia 2</u>				1,70	1,78	2,23
0- 20	5,05	5,31	5,14			
20- 40	6,01	6,31	7,67			
40- 60	5,04	6,41	6,57			
60- 80	7,00	6,28	5,67			
80-100	6,45	5,01	7,89			
<u>Sagdaguia 3</u>				3,51	3,66	3,61
0- 20	2,36	2,63	2,53			
20- 40	4,10	2,73	3,69			
40- 60	5,33	2,99	2,53			
60- 80	3,51	3,19	3,08			
80-100	2,92	3,37	3,35			

## Utlakning

I tabell 28 redovisas utlakningsbehovet för en utlakningskvot som motsvarar en bibehållen skörd, dvs utan skördeförluster orsakade av hög konduktivitet i marken. Om man accepterar ett visst skördebortfall så sänks utlakningskvoten (LR) och därmed också bevattningsmängden.

**Tabell 28.** Utlakningskvot (LR)<sup>1)</sup>, bevattningsbehov (Aw)<sup>1)</sup>, teoretisk bevattning plus nederbörd, teoretiskt bevattningsunderskott, utförd bevattning plus nederbörd och aktuellt bevattningsunderskott

Gård	LR	Aw	Teoretisk bevattn.+ nederb.	Differens Aw-teoret. bevattning	Utförd bevattn.+ nederb.	Differens Aw-aktuell bevattning
Hichria 1	0,24	663	533	130	420	243
Hichria 3	0,25	599	461	138	400	199
Hichria 4	—	—	442	—	630	— <sup>2)</sup>
Sagdaguia 2	0,07	594	454	140	336	258
Sagdaguia 3	0,10	519	407	112	364	155

<sup>1)</sup> jämför formel sid 11

<sup>2)</sup> Utlakningskvot resp. bevattningsbehov går inte att beräkna p g a att ECw överskrider bevattnad grödas (bondböna) toleransnivå.

Fältkapaciteten har överskridits på samtliga gårdar dels genom bevattning med för höga givor och dels genom nederbörd i samband med bevattning. En viss urlakning har alltså skett under säsongen.

Sammanlagda mängden tillfört överskottsvatten var ca 80 mm för Hichria 1, Hichria 3 och Sagdaguia 2.

Vid Sagdaguia 3 var skillnaderna stora på bevattningsgivornas storlek mellan de tre studerade bassängerna. Detta ledde till att fältkapaciteten har överskridits med sammanlagt ca 140 mm för bassäng 1, ca 240 mm för bassäng 2 och ca 70 mm för bassäng 3, under säsongen. Överskottet var i medeltal för de tre bassängerna ca 150 mm.

På Hichria 4 har man genomgående bevattnat med höga bevattningsgivor som vid varje bevattningstillfälle fått det växttillgängliga markvattenmagasinet att överskrida fältkapaciteten. Detta plus nederbörden har inneburit ett överskott på i genomsnitt ca 280 mm under säsongen.

I den teoretiskt beräknade vattenbudgeten har inte utlakningsbehovet inräknats för att jämförelse lättare ska kunna göras mellan den teoretiska budgeten och den aktuella. Det teoretiska utlakningsbehovet för Hichria 3, Sagdaguia 2 och Sagdaguia 3 är ca 30 % av den tillförda mängden vatten. För Hichria 1 är motsvarande värde ca 25 %.

## DISKUSSION

I Sidi Bouzid-området sker bevattning i huvudsak med olika former av ytbevattningsteknik. Vid ytbevattning sker vattenfördelningen över fältet enbart med hjälp av gravitationskrafter. För att få en jämn spridning av vattnet måste fältet ytplaneras och dimensioneringen av fåror och bassänger måste anpassas efter jordart och terrängförhållanden. För att få en hög bevattningseffektivitet måste bevattningssystemen anpassas efter bevattningssystemets utformning. Tillförselkanalerna bör också vara slutna för att vattenförluster genom avdunstning och perkolation, innan vattnet når fältet, ska kunna undvikas.

Av studien framgår att storleken på bevattningssystemen har varierat mycket mellan bevattningstillfällena. Variationen av bevattningssystemens storlek i genomsnitt varit 75 % vilket tyder på betydande svårigheter med att styra bevattningen. Allmänt kan man säga att systemen har varit för stora med tanke på jordart och rotdjup. Under studien uppmättes givor på över 80 mm under sommarsäsongen och på över 200 mm under vintersäsongen.

På samtliga gårdar har skillnaderna på bevattningssystemens storlek ökat mot slutet av växtsäsongen mellan de undersökta bassängerna respektive fåror vid varje enskilt bevattningstillfälle. Detta tyder på brister i bevattningssystemets konstruktion, då vallar och bevattningsskanaler inte håller odlingsäsongen ut.

Fördelningen av vattnet inom bassängen/fåran har inte mätts. Iakttagelser av ojämn beståndsutveckling som kan bero på ojämn vattenfördelning har gjorts i fält.

Vattenhushållningen i marken har beräknats med hjälp av aktuella och teoretiska vattenbudgetar. Den aktuella vattenbudgeten uppvisar i allmänhet god tillgång på vatten under odlingsäsongernas första hälft. Sommarsäsongen startar med väl fyllda markvattenförråd genom vinterns nederbörd. På fyra av de fem studerade gårdarna under vintersäsongen har bevattning utförts i samband med sådden och man har startat säsongen med fyllda markvattenmagasin. Under odlingsäsongens senare hälft har vattenhalten i marken tillåtit sjunka till vissningsgränsen. Påfyllning av vattenmagasinet i marken till fältkapacitet har endast skett på tre av de nio studerade gårdarna.

De största avvikelserna mellan den teoretiskt beräknade och den aktuella vattenbudgeten var antal bevattningstillfällen vilket avspeglar sig i skillnader i bevattningssystemens storlek. Dock återfanns även betydande skillnader i sammanlagd bevattningsmängd under säsongen. Sex gårdar utförde färre bevattningar än motsvarande beräknade antal bevattningstillfällen. Sju gårdar bevattnade med lägre total vattenmängd än motsvarande teoretiskt beräknad vattenmängd. I den teoretiskt beräknade vattenmängden ingår inte det utlakningsbehovet som uppstår vid användning av bevattningssystemet med högt saltinnehåll.

En undersökning utförd i Sidi Bouzid-området av Söderström & Bergstedt-Söderström, 1989, visar att 85 % av undersökta brunnar (284 st) innehöll vatten med en konduktivitet högre än 2,5 mmhos/cm. Enligt FAOs normer bör vatten med en konduktivitet över 2,7 mmhos/cm inte användas till bevattning. Konduktiviteten i bevattningssystemet varierar mycket mellan gårdarna, från 1,7 till 10,0 mmhos/cm. Fem av de studerade gårdarna hade en konduktivitet över 2,7 mmhos/cm i bevattningssystemet.

Konduktiviteten i marken har i allmänhet varit högre än 4 mmhos/cm. Konduktivitet på över 8 mmhos/cm har uppmätts. Enligt Schoefieldskalan har en konduktivitet över 4 mmhos/cm betydelsefull effekt på många grödor.



Saltkoncentrationen i marken tycks inte enbart vara direkt beroende av saltkoncentrationen i vattnet. Mätresultaten visar att jordart och bevattningsmängd har stor betydelse för saltkoncentrationen i marken.

Överlag var konduktiviteten i vattnet mycket hög på de gårdarna i Hichria som ingick i studien. Om vatten med hög konduktivitet ska användas till bevattning bör det endast användas under vintersäsonger med hög nederbörd på genomsläppliga jordar. Konduktiviteten i vattnet på de gårdar i Sagdaguia som ingick i studien var betydligt lägre än i Hichria. Jordar i Sagdaguia har i allmänhet högre lerinnehåll än jordar i Hichria. På jordar med högt lerinnehåll kan bevattning med vatten innehållande hög natriumjonkoncentration orsaka strukturproblem och minska jordens infiltrationsförmåga. Detta leder till att regnvattnet inte har möjlighet att laka ut salter på ett tillfredsställande sätt. Studien visar att gårdarna i Sagdaguia i allmänhet uppvisar högre konduktivitet i marken i slutet av säsongen trots att de har lägre konduktivitet i bevattningsvattnet än gårdarna i Hichria.

Studien visar att ingen medveten utlakning av salter har förekommit. Ett överskott av vattentillförsel har skett i början av säsongen både genom bevattning och nederbörd. Överskottet av vatten har troligen inte tillförts medvetet utan genom att bevattningsgivans storlek inte har anpassats till vattenmagasinet i marken. I vissa fall har överskott av vatten i markprofilen uppkommit genom nederbörd strax efter bevattning. Överlag krävs en ökning av den totala bevattningsmängden på minst ca 50 % för att kunna genomföra en tillfredsställande utlakning salter i odlingsmarken.

Förutsättningarna för att genomföra en för området representativ bevattningsstudie har påverkats av en rad yttre omständigheter. Under odlingsåret mars 1990 till april 1991 var nederbörden något högre än årsmedelnederbörden. I januari 1990 föll 180 mm regn. Detta påverkade förutsättningarna inför sommarsäsongen både positivt och negativt. Positivt har varit att man har kunnat starta odlingssäsongen med fyllda markvattenmagasin. Regnperioden sträckte sig in i maj månad. Våren var kall och nederbördsrik. Detta medförde negativa konsekvenser såsom förseningar i vårbruket, problem med att få styva lerjordar brukbara och problem med att styra bevattningsgivan.

Studien har inte kunnat följas till skörd på två av de fyra återstående gårdarna under sommarsäsongen p g a konflikter med lantbrukarna. Samtidigt har man under studiens gång haft en del problem med mätapparatur, arbetsrutiner och tillgång till laboratorium för markfysikaliska analyser. Vidare har skördedata inte varit tillgängliga på de undersökta gårdarna och rotdjupet har blivit felaktigt uppmätt. Det finns ingen möjlighet att jämföra utfallet av olika bevattningsmängder, bevattning med olika vattenkvaliteter och olika konduktivitet i marken mellan gårdarna och inom varje gård utan tillgång på skördedata. Att beskriva vattenhushållningen i marken under en odlingssäsong med hjälp av vattenbudget är en förenkling av verkligheten. Hur väl teorin överensstämmer med praktiken beror på hur väl anpassad modellen är och mätnoggrannheten av de ingående parametrarna. Ovan nämnda faktorer gör att resultaten inte får tas som absolutvärden utan endast som riktlinjer med förutsättningarna i åtanke.

Mark- och vattenproblemen är allvarliga i Sidi Bouzid-området sett i ett långsiktigt perspektiv. Insatser måste göras om man ska kunna bruka jorden i framtiden. Förutsättningarna för att bedriva ett naturresursbevarande bevattningsjordbruk i området är inte de bästa. Årsmedelnederbörden på 260 mm/år är ojämnt fördelad under året och variationen är stor från år till år. Den potentiella evaporationen är i medeltal 1966 mm/år. En del av vattenunderskottet måste vid odling ersättas med bevattningsvatten. Bevattningsbehovet är således stort i området samtidigt är vattentillgångarna är mycket begränsade.

Huvudsakligen används grundvatten för bevattning. Grundvattnet är av varierande kvalitet. I dag visar mätningar, enligt det mätprogram som bedrivs av tunisiska staten

(Projekt FAO/SIDA Tun12), att den ytliga grundvattennivån sjunker. Det sker en överexploatering av grundvattenresursen. På Gammoudaslätten är för närvarande det årliga grundvattenuttaget 91 miljoner m<sup>3</sup> mot ett årligt tillskott av vatten på 61 miljoner m<sup>3</sup> (Gassara, 1991). Det är av största vikt att begränsa grundvattenuttaget och att utnyttja uttaget vatten på effektivast möjliga vis.

Vattenbesparande åtgärder måste utföras och undersökningar av möjligheter att utnyttja alternativa vattenresurser måste genomföras. Möjliga alternativa vattenresurser kan vara avrinningsvatten och avloppsvatten samt att med olika metoder förbättra utnyttjandet av nederbörd (water harvesting).

Man bör satsa på att införa effektivare bevattningssystem. Samtidigt krävs förbättringar inom hela odlingssystemet såsom bättre val av grödor, bättre jordbearbetningsmetoder, effektivare gödsling och bekämpning av sjukdomar och skadedjur. Även förbättringar av mikroklimatet genom olika former av marktäckning och läplantering kan ge utdelning i form av minskad evapotranspiration och därmed ett minskat bevattningsbehov.

## **SAMMANFATTNING**

En undersökning av befintlig bevattningsteknik genomfördes under ett odlingsår i Sidi Bouzid-distriktet, centrala Tunisien. Syftet med undersökningen var att få en uppfattning om vattenhushållning och hur effektivt bevattning sker, samt försaltningens problematiken i området.

Undersökningen uppdelades i en sommarsäsong och en vintersäsong. Sommarsäsongen omfattade perioden mars 1990 till juli 1990 och vintersäsongen omfattade perioden oktober 1990 till april 1991. Undersökningen genomfördes på fyra gårdar under sommarsäsongen, av vilka två använde fårbevattning, en bassängbevattning och en spridarbevattning. Bevattnade grödor var tomat, tobak och melon. Under vintersäsongen följdes fem gårdar, av vilka fyra använde bassängbevattning och en fårbevattning. Bevattnade grödor var korn, havre, vete och bondbönor.

På varje gård utfördes dagliga mätningar av avdunstning och nederbörd, samt mätningar av bevattningsgivor, konduktivitet i vattnet och i marken, vissa fysikaliska markanalyser och regelbundna markvattenhaltsmätningar med neutronsond. Mätvärdena har sammanställts i aktuella och teoretiska vattenbudgetar.

Den aktuella vattenbudgeten visar en god tillgång på vatten i början av säsongerna och fältkapaciteten överskrids vid bevattning. Mot slutet av säsongerna har vattentillgången i marken varit begränsad och bevattning till fältkapacitet har endast utförts vid ett fåtal tillfällen.

Den största avvikelserna mellan den teoretiskt beräknade och den aktuella vattenbudgeten var skillnader i antalet bevattningstillfällen vilket avspeglar sig i skillnader i bevattningsgivans storlek. Dock återfanns även betydande skillnader i sammanlagd vattenmängd under säsongen. På de flesta gårdar har man utfört färre bevattningar och den sammanlagda bevattningsgivan under säsongen har i praktiken varit lägre än enligt motsvarande teoretiskt beräknad vattenbudget.

Konduktiviteten i marken har i allmänhet varit högre än 4 mmhos/cm. Konduktiviteten i bevattningsvattnet varierar mycket mellan gårdarna, från 1,7 till 10,0 mmhos/cm. Vatten med en konduktivitet över 2,7 mmhos/cm bör inte användas till bevattning enligt FAOs rekommendationer. Bevattningsvattnet på fem av de studerade gårdarna hade en konduktivitet över 2,7 mmhos/cm.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- Andersson, S. 1969. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XVIII. Om en ny och enkel evaporimeter. Grundförbättring 22, 59-66.
- Ayers, R.S. och Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage paper 29, Rev. 1, FAO, Rome.
- Doorenbos, J. och Kassam, A.H. 1977. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage paper 33, FAO, Rome.
- Doorenbos, J. och Pruitt, W.O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper 24, FAO, Rome.
- Erpenbeck, J.M. 1982. Irrigation scheduling. A review of techniques and adaption of the USDA irrigation scheduling computer program for Swedish conditions. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapport 127.
- Gassara, A. 1991. Potentiel hydraulique du gouvernorat de Sidi Bouzid. Ressources et possibilité d'exploitation. Atelier sur l'utilisation des ressources naturelles 22-24 octobre, 1991, CRDA, Sidi Bouzid, Tunisie.
- Grillot, C. 1956. The biological and agricultural problems presented by plants tolerant of saline or brackish water and employment of such water for irrigation. Arid Zone Res. 4, UNESCO, Paris.
- Jensen, M.E., Wright, J.L., och Pratt, B.J. 1971. Estimating soil moisture depletion from climate, crop and soil data. ASAE trans. 14(5): 954-959.
- Johansson, W. och Linnér, H. 1977. Bevattning. Behov-Effekter-Teknik. LTs förlag, Borås.
- Oster, J.D. och Schroer, F.W. 1979. Infiltration as influenced by irrigation water quality. Soil Sci. Soc. Amer. J. 43: 444-447.
- Rhoades, J.D. 1977. Potential for using saline agricultural drainage waters for irrigation. Proc. Water Management for Irrigation and Drainage. ASCE, Reno, Nevada. 20-22 July, 1977. 85-116.
- Rhoades, J.D. och Merrill, S.D. 1976. Assessing the suitability of water for irrigation: Theoretical and empirical approaches. In: Prognosis of Salinity and Alkalinity. FAO Soils Bulletin 31. FAO, Rome. 69-110.
- Smedema, L.K. och Rycroft, D.W. 1983. Land Drainage. Planning and design of agricultural drainage systems. Batsford Academic and Educational Ltd, London.
- Söderström, M.L. och Bergstedt-Söderström, A. 1989. Salinité des eaux d'irrigation et des terres agricoles. Stage de courte durée. Arbetsrapport 117, International Rural Development Centre, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Wiklander, L. 1976. Marklära. Kompendium. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Avd. för marklära.
- Wright, J.L. 1981. New evapotranspiration crop coefficients. ASCE. J. Irrig. Drain. Div. (submitted).

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.  
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. AVDELNINGSMEDDELANDE. Fr o m 1990

- 90:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1989 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 73 s.
- 90:2 Jansson, P.-E. (ed.). The Skogaby Project. Project description. 77 s.
- 90:3 Berglund, K., Lindberg, K. & Peltomaa, R. Alternativa dräneringsmetoder på jordar med låg genomsläpplighet. 1. Ett nordiskt samarbetsprojekt inom Nordkalottområdet. 20 s.
- 91:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1990 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 92 s.
- 91:2 Persson, R. & Wesström, I. Markkemiska effekter av bevattning med Östersjövatten på Öland. 23 s + 5 bil.
- 91:3 Eckersten, H. WIGO model. User's manual. 30 s.
- 91:4 Eckersten, H. SPAC-GROWTH model. User's manual. 32 s.
- 91:5 Stenlund, S. Rainwater harvesting - Metoder för uppsamling av regnvatten för bevattning. En litteraturoversikt. 24 s.
- 91:6 Jansson, P.-E., Eckersten, H. & Johnsson, H. SOILN model. User's manual. 49 s.
- 91:7 Jansson, P.-E. SOIL model. User's manual. 59 s.
- 91:8 Wesström, I. Liste des publications du sujet "Besoin en eau des plantes et irrigation en climat semi-aride". 32 s.
- 92:1 Rockström, J. Framtidens livsmedelsförsörjning i världens torra regioner: Begränsas den av tillgången på vatten? 106 s.
- 92:2 Kerje, T. Erosionsmätningar i Nicaragua. 35 s.
- 92:3 Burujeny, M. B. Dygnsvariation i bladvattenpotential hos raps och senap. Mätningar och simuleringar. 27 s.
- 92:4 Simonsson, M. Rotstudier i några olika ärtsorter. 15 s.
- 92:5 Malm, P. Spridning av flytgödsel med bevattningsmaskin försedd med lågspridningsramp. 46 s.
- 92:6 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1991 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 105 s.
- 93:1 Jansson, C. Rekonstruktion av naturlig vattenföring i Österdalälven och värdering av regleringsnytta. 30 s + 5 bil.
- 93:2 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1992 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 83 s.
- 93:3 Joel, A. & Wesström, I. Vattenhushållning vid bevattning - en studie av tillämpad bevattningsteknik i Sidi Bouzid-distriktet, Tunisien. 54 s.

